Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS • E. BEDERKE • H. BROCKMANN • P. TEN BRUGGENCATE • C. W. CORRENS • H. J. DEUTICKE
H. v. FICKER • R. GRAMMEL • O. HAHN • R. HARDER • M. HARTMANN • W. HEISENBERG • K. HENKE
A. KUHN • M. v. LAUE • H. MARTIUS • R. W. POHL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

41. JAHRGANG **HEFT 6 (ZWEITES MÄRZHEFT)** **1954**

INHALT:

Seite

AUFSÄTZE.

Thermodynamische Begründung der Quantenmechanik. von A. LANDÉ 125
Begriffsmischungen in der Physik. (Zur Begriffskritik im Elektromagnetismus.) Von R. FLEISCHMANN 131

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

On the derivation of FRIEDMANN's equations for a new cosmological Model. II. Von R. L. BRAHMACHARY 136
Innere Schwingungen und Mikrowellen in Transistoren. Von H. E. HOLLMANN 136
Ionisation durch starke elektrische Felder. Von F. KIRCHNER 136
Rotationsanalyse des blauen Bandensystems des Columbiumoxyds. Von U. UHLER 137
Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Morphologie von Halloysit. Von W. BEHNE und W. MÜLLER . . . 138
The Length of the Periods in the Periodic System. Von F. TÜDÓS 138
Tetraphosphoryl-dekachlorid $P_4O_4Cl_{10}$. Von R. KLEMENT, O. KOCH und K. H. WOLF 139
Zur Papierchromatographie der Oestrogene. Von F. MARKWARDT 139
Über das Vorkommen von Hydroxyphenylalkylaminen in den Samen und Keimen zweier Ginsterarten. Von P. CORREALE und E. CORTES' 139
Studies on changes in free amino acid composition of germinating *Phaseolus radiatus* by paper chromatography. Von N. C. GANGULI 140
Die Trennung des Oxyprolins und des Allo-Oxyprolins durch Papierchromatographie. Von F. FRIEDBERG 141
Papierchromatographische Trennung von Harnmelanogenen. Von G. LEONHARDI 141

Seite

Über die Aldolaseaktivität von Serum und roten Blutzellen verschiedener Spezies. Von F. BRUNS und CHR. KIRSCHNER 141
Hoher Acetylcholingehalt von Bienenfuttersäften. Von D. HENSCHLER 142
6-(4'-Pyridyl)-3-mercapto-1,2,4-triazin-5-on als Chemotherapeutikum bei der experimentellen Mäusetuberkulose. Von J. HIRSCH 142
Auswertung des Euglenatestes (Nachweis von Vitamin B_{12}) mit Hilfe von Ultraschall. Von H. HAENEL 143
Mitoseanregung durch Zellkerntrümmer. Von H. LETTRÉ und H.-J. THOM 144
Der Einfluß der Antibiotika Terramycin und Leukomycin auf das Streckungswachstum höherer Pflanzen. Von F. J. KRIBBEN 144
Untersuchungen über wasserlösliche Hemmstoffe aus Getreideböden. Von A. G. WINTER und F. SCHÖNBECK 145
Über die getrennte Abhängigkeit des Stoffwechselverhaltens und der Schilddrüsenhyperplasie von den β- und γ-Zellen der Adenohypophyse bei der Ratte nach gemeinsamer Verabreichung von Thyreostatika und SH-gruppenhaltigen Substanzen. Von J.-H. SCHARF, W. FÖRSTER und E. MUSCHOLL 146
Zur Definition der Mykobakteriengranula. Von E. KRÜGER-THIEMER und A. LEMBKE 146
Mikroskopische Untersuchungen in vivo an Azotobacter-Zellen. Von A. KRIEG 147
Künstlich symbiontenfrei gemachte Kornkäfer (Calandra granaria Lin.). Von H. SCHNEIDER 147
Ektoparasitische Nematoden als mögliche Ursache der Bodenmüdigkeit in Baumschulen. Von H. SWART-FÜCHTBAUER 148

Theorie der chemischen Bindung auf quantentheoretischer Grundlage

Von Dr. **Hermann Hartmann,** o. Professor der physikalischen Chemie an der Universität Frankfurt a. M. (Struktur und Eigenschaften der Materie in Einzeldarstellungen, Band XXI.) Mit 53 Abbildungen. VII, 357 Seiten Gr.-8°. 1954. DM 46.80; Ganzleinen DM 49.80

Die Frage nach dem Wesen der chemischen Bindung ist so alt wie die wissenschaftliche Chemie selbst. Sie wurde bis vor wenigen Jahrzehnten auf Grund unzureichender Modellvorstellungen beantwortet. Erst die Anwendung quantenmechanischer Methoden — die sich im einzelnen ungemein schwierig gestaltet — erbrachte grundsätzliche Fortschritte, die in wenigen Fällen eine quantitative, in vielen Fällen wenigstens eine qualitativ richtige Aussage über die Natur der Kräfte gestatten, die zwischen sich verbindenden Atomen bzw. Molekeln wirksam sind. Während im angelsächsischen Schrifttum vorzügliche Bücher (Pauling, Coulson usw.) vorliegen, fehlte sei $1^1/_2$ Jahrzehnten im deutschen Schrifttum eine moderne Behandlung des Gegenstandes. Der deutsche Physiker und Chemiker wird daher das Buch von Professor Hartmann, dem Direktor des Physikalisch-Chemischen Instituts der Frankfurter Universität, lebhaft begrüßen.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Eucken*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau". Begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, (seit 1948) Organ der Max-Planck-Gesellschaft.

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20 %. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalsschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 24 92 51) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 242 Marylebone Road, London N.W. 1

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zeitschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 33 71.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

AMBERLITE
DOWEX

Ionenaustauschharze

alle Sorten ab Lager oder kurzfristig lieferbar

SERVA-Entwicklungslabor OHG

Heidelberg · Dossenheimer Landstraße 63

Leitfaden der Nomographie

Von Dr.-Ing.
W. Meyer zur Capellen
Aachen

Mit 203 Abbildungen. IV, 178 Seiten Gr.-8°. 1953
Ganzleinen DM 17.40

Springer-Verlag / Berlin · Göttingen · Heidelberg

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Jahrgang 41 Heft 6 (Zweites Märzheft) 1954

Thermodynamische Begründung der Quantenmechanik.

ALFRED LANDÉ, Columbus, Ohio (USA.).

Wie die Ursachen sich einander nähern und schließlich ineinander aufgehen, so müssen die darauf ruhenden Ereignisse das nämliche tun. — Das Prinzip der Kontinuität ist für mich über jeden Zweifel erhaben. Es wird dazu beitragen, manche wichtige Wahrheit einer echten Naturphilosophie zu etablieren, deren Ziel es ist, den Grund der Erscheinungen im Gebiet des reinen Denkens zu suchen.

G. F. Leibniz,
aus Briefen an Bayle (1687) und an Varignon (1702).

Einleitung.

Die Grundregeln der Quantenmechanik sind vor mehr als 25 Jahren aufgestellt worden, ohne daß es bisher nötig gewesen wäre, sie in irgendeiner Weise zu revidieren. Selbst die moderne Theorie der Wellenfelder beruht auf einer Anwendung der gleichen Prinzipien, die von BORN, HEISENBERG, JORDAN, SCHRÖDINGER, DIRAC, PAULI u. a. in den zwanziger Jahren gefunden worden sind. Im besonderen gilt

1. das Interferenzprinzip der Wahrscheinlichkeitsamplituden als formale Grundlage der Superpositionsmechanik,
2. die HEISENBERGsche Unbestimmtheitsrelation mit ihrer Einführung des PLANCKschen Wirkungsquantums h in die Dynamik,
3. die Reduktion aller mechanisch möglichen Zustände eines aus gleichen Teilchen zusammengesetzten Systems auf Zustände, welche bestimmten Symmetrieregeln beim Austausch unterliegen, im Einklang mit den zwei Quantenstatistiken von BOSE und FERMI, als Grundlage des Aufbaus der Materie.

Trotz dieses befriedigenden Resultats einer scheinbar endgültigen, in sich abgeschlossenen und von unzähligen Erfahrungen bestätigten Theorie bleibt die Frage offen, *warum* sich die Natur nicht mit deterministischer Mechanik zufrieden gibt, sondern sich den soeben aufgezählten Quantenforderungen mit ihren weittragenden Folgerungen für die gesamte Erscheinungswelt unterwirft. An Stelle dieser etwas anthropomorphen Fassung des Quantenproblems wird man die Frage besser so stellen: Können die erwähnten Grundregeln der Quantentheorie nicht in ungezwungener Weise als notwendige Folgen eines einfachen, ganz natürlich erscheinenden Grundpostulats dargestellt werden und sich in dieser Weise als beinahe selbstverständlich herausstellen, statt als merkwürdige Launen der Natur zu erscheinen? Ein solches einfaches Grundprinzip physikalischen Geschehens liegt in der Tat vor; es wurde schon im 17. Jahrhundert von LEIBNIZ aufgestellt und in seiner Bedeutung als regulatives Prinzip erkannt und verwandt. Das LEIBNIZsche Prinzip der *Kontinuität von Ursache und Wirkung* führt in der Tat in seiner Anwendung auf thermodynamische Vorgänge zu einer ungezwungenen Begründung der Quantenphysik. Es lautet: „Eine allmählich von Null anwachsende Ursache bringt stets eine allmählich von Null anwachsende Wirkung, niemals aber eine sprungweise von Null auf einen endlichen Betrag anwachsende Wirkung hervor."

Eine lehrreiche Anwendung dieses Prinzips findet man in einem Brief von LEIBNIZ an BAYLE (Nouvelles de la République des Lettres vom Jahre 1687), dem die folgende Stelle in freier Übersetzung entnommen ist:

„Durch Nichtbeachtung der Kontinuitätsforderung hat der sonst hochgelehrte Monsieur Des Cartes mehr als einen Fehler in seinen angeblichen Naturgesetzen begangen. Zum Beispiel sollen nach seiner Ansicht zwei mit gleicher Geschwindigkeit von entgegengesetzten Richtungen kommende Körper B und C einerseits mit gleichen Geschwindigkeiten zurückprallen, falls B und C gleiches Gewicht haben, andrerseits soll aber nur C zurückgeworfen werden und B seine ursprüngliche Bewegungsrichtung behalten, falls B um ein noch so geringes schwerer als C ist. Der Unterschied der beiden Fälle ist vom Gesichtspunkt der Kontinuität ganz unvernünftig. Das Geschehen im zweiten Fall sollte sich vielmehr dem des ersten *allmählich* angleichen, wenn der Gewichtsunterschied zwischen B und C allmählich auf Null reduziert wird."

Soweit LEIBNIZ, dessen Erfindung der Fluxionenrechnung zweifellos demselben Kontinuitätsgedanken entsprang. Analoge Schlüsse sind heutzutage das A und O des Physikers, obwohl die Kontinuitätsforderung selten als besonderes Grundaxiom erwähnt wird, vermutlich wegen seiner „Selbstverständlichkeit". Man muß sich aber hüten, diese Forderung als synthetisches Urteil *a priori* anzusehen. Das Kontinuitätsprinzip von Ursache und Wirkung ist vielmehr nur das Ergebnis allgemeiner Erfahrung. Neu ist jedoch, daß dasselbe Prinzip in seiner Anwendung auf thermodynamische Vorgänge zu sehr weittragenden Schlüssen berechtigt und im besonderen zu einer *deduktiven Begründung der Quantenmechanik* benutzt werden kann. Wie die folgenden Ausführungen zeigen, kann die Frage „Warum Quantenphysik?" durch den Satz beantwortet werden: „Weil die Natur darauf besteht, daß die Wirkung eine stetige Funktion der Ursache ist." Dieses Ergebnis ist um so überraschender, als die Quantenphysik gerade für ihre Einführung unstetiger Sprünge berüchtigt ist. Der Einwand wird aber dadurch entkräftet, daß es sich bei jenen Sprüngen nicht um eine deterministische Verknüpfung von Ursache und Wirkung handelt, sondern um Vorgänge, die von Wahrscheinlichkeit beherrscht sind. Letztere sind unvermeidbar, um die Stetigkeit deterministischer Beziehungen zu garantieren. Dies alles wird im folgenden klar werden [*1*].

1. Kontinuität der Energie.

Den Anlaß zur Aufstellung der Quantentheorie durch MAX PLANCK gab eine flagrante Verletzung der Kontinuität, die sich bei einer Anwendung der klassischen Mechanik auf statistisch thermodynamische Erscheinungen herausstellte. Nach der klassischen

Theorie soll jedes Teilchen eines Körpers im Wärmegleichgewicht den gleichen mittleren Anteil kinetischer Energie erhalten, nämlich den Betrag $\frac{3}{2} kT$ (T = absolute Temperatur; k = BOLTZMANNsche Konstante), ganz gleich, ob es fest oder locker gebunden oder gar frei beweglich ist, d.h. gleichgültig, ob die Schwingungsfrequenz ν des Teilchens um seine Ruhelage groß oder klein ist oder gar verschwindet. Eine solche *Gleichverteilung* der kinetischen Wärmeenergie würde aber bedeuten, daß ein ursprünglich völlig fest gebundenes Teilchen, dessen kinetische Energie K natürlich nur Null sein kann, plötzlich den endlichen Wert $K = \frac{3}{2} kT$ annehmen sollte, wenn es zu einem noch so geringen Betrag aufgelockert wird. Eine solche Energiediskontinuität als Folge einer unendlich kleinen Ursache (unendlich geringe Auflockerung) ist aber nach dem LEIBNIZschen Prinzip unannehmbar. Sie widerspricht auch aller Erfahrung. K nimmt tatsächlich bei allmählicher Auflockerung, d.h. bei abnehmender Bindungsfrequenz ν, in stetiger Weise von Null auf den klassischen Grenzwert zu. Offenbar muß der scharfe Gegensatz zwischen *fest* (mit $K = 0$) und *beweglich* ($K = \frac{3}{2} kT$) aufgegeben werden zugunsten einer Mechanik, in welcher verschiedene Schwingungsfrequenzen ν zu einer kontinuierlichen Reihe von Temperaturenergien führen. Eine solche Mechanik hat PLANCK durch seine Quantenhypothese eingeführt. Nach ihr soll ein mit der Frequenz ν gebundenes Teilchen nur diskreter Energiewerte $E = nh\nu$ ($n = 0, 1, 2, \ldots$) fähig sein. Dieser Kunstgriff garantiert in der Tat eine stetige Zunahme der Temperaturenergie als Wirkung einer allmählichen Auflockerung der Bindung eines Teilchens. Daß dies zu gelegentlichen Sprüngen des momentanen Energieinhaltes eines Teilchens führt, ist kein Einwand gegen die Kontinuität von Ursache und Wirkung; denn diese Sprünge sind ja nicht deterministisch, sondern durch Wahrscheinlichkeitsgesetze geregelt. Warum die Wahrscheinlichkeit überhaupt eine Rolle spielt und eine notwendige Folge des Kontinuitätsprinzips von Ursache und Wirkung ist, wird sich im folgenden zeigen.

Im Hinblick auf PLANCKs Quantelung der Energie benutzten wir soeben den Ausdruck „Kunstgriff". In der Tat kann die PLANCKsche Hypothese nicht in eindeutiger Weise aus der Forderung einer kontinuierlichen Abhängigkeit der Wärmeenergie von der Bindungsfestigkeit abgeleitet werden. Nur durch geniale Intuition konnte PLANCK zu einem so kühnen und gleichzeitig so erfolgreichen Ansatz kommen. Es ist jedoch wünschenswert, die Grundlagen der Quantentheorie nicht durch Kunstgriffe einzuführen, sondern sie als notwendige und natürliche Folgen eines noch fundamentaleren Grundprinzips abzuleiten. Zu diesem Ende ist die Kontinuitätsforderung für die Energie nicht ausreichend, wohl aber eine entsprechende Forderung für die *Entropie*. Das bedeutet, daß die Quantenmechanik weniger im ersten als im zweiten Hauptsatz der Thermodynamik verankert ist.

2. *Kontinuität der Entropie.*

Neben dem oben geschilderten Unstetigkeitsparadox des Energieverteilungssatzes ergab nämlich die klassische Theorie noch eine andere Unstetigkeit, die unter dem Namen des GIBBS*schen Paradoxons* die Physiker lange Zeit beunruhigt hat. Zur Erläuterung stelle man sich zwei gleiche Mengen derselben Gasart vor, z.B. zwei O_2-Gase in getrennten Volumina V auf gleicher Temperatur T. Die Teilchen der einen Gasmenge mögen jedoch in einem Zustand A sein, der vom Zustand B der anderen Gasmenge in irgendeiner Beziehung abweicht. Zum Beispiel mögen die Molekelachsen im Zustand A alle nach Norden zeigen, im Zustand B alle nach einer um den Winkel α von Norden abweichenden Richtung. (Wir nehmen an, daß die Gase genügend verdünnt sind, um solche Zustände aufrecht zu erhalten.) Oder es möge irgend ein anderer Unterschied zwischen den Zuständen A und B bestehen, so daß die beiden Gase jedenfalls nicht als völlig gleich anzusehen sind, obwohl sie aus der gleichen Art Teilchen, z.B. O_2-Molekeln bestehen. Läßt man jetzt die beiden Gase in das Gesamtvolumen $2V$ diffundieren, so wird dabei die Gesamtentropie S zunehmen. Als Maß der Entropiezunahme δS kann der Arbeitsbetrag $\delta W = T \cdot \delta S$ gelten, den man aus dem Mischungsvorgang bei isothermer Führung im besten Falle gewinnen kann. Die „maximale isotherme Arbeit" hat im vorliegenden Beispiel den Wert $\delta W = 2N\,kT \lg 2$, wenn $2N$ die Gesamtzahl der beteiligten Molekel der beiden Gase A und B angibt. Dieser Arbeitsgewinn ist aber daran gebunden, daß die Zustände A und B *ungleich* sind. Wären sie gleich, dann könnte keine Arbeit aus dem Diffusionsprozeß gewonnen werden ($\delta W = T \cdot \delta S = 0$). Man stelle sich nun vor, daß der Unterschied zwischen A und B, der Richtungsunterschied α im obigen Beispiel, allmählich verkleinert und schließlich zum Verschwinden gebracht wird. Solange α endlich, wenn auch noch so klein ist, sind die beiden Gase ungleich, und ihre Mischung sollte den vollen maximalen Arbeitsbetrag δW und die volle Entropiezunahme δS ergeben. Wenn aber zuletzt α von einem noch so kleinen Wert auf Null vermindert wird, sollten δW und δS in unstetiger Weise auf Null heruntergehen — das ist die von GIBBS betonte paradoxe Behauptung der klassischen statistischen Mechanik und Thermodynamik. Nach dem Kontinuitätsprinzip sollte man statt dessen eine allmähliche Verringerung von δW und δS erwarten, wenn der Unterschied zwischen A und B allmählich verringert wird. Offenbar muß der scharfe klassische Gegensatz zwischen *gleich und ungleich*, entweder $A = B$ mit $\delta W = 0$, oder $A \neq B$ mit vollem Betrag $\delta W = 2N\,kT \lg 2$, aufgegeben werden zugunsten einer kontinuierlichen Skala von „fraktionellen Gleichheiten" zwischen den möglichen Zuständen A und B eines Teilchens und eines Objekts im allgemeinen. Das heißt, außer dem Fall $A = B$ mit dem Gleichheitsgrad $q(A, B) = 1$ und dem Fall $A \neq B$ mit $q(A, B) = 0$ muß man noch Fälle einer fraktionellen Gleichheit mit q-Werten zwischen 0 und 1 als möglich zulassen. Dem Ursprung dieser Forderung im Anschluß an eine kontinuierliche Reihe von möglichen Arbeitsgewinnen bei der Diffusion und entsprechenden Arbeitsaufwänden bei der Trennung der beiden Zustände A und B entspricht es dann, daß Gleichheit ($q = 1$) mit *Untrennbarkeit*, Ungleichheit ($q = 0$) mit völliger *Trennbarkeit* der beiden Gase A und B zu identifizieren ist. Eine fraktionelle Gleichheit (q zwischen 0 und 1) kann dann logischerweise nichts anderes bedeuten als eine *fraktionelle Trennbarkeit* der beiden Zustände A und B. Was mit diesem Begriff gemeint sein kann, wird in Abschnitt 4 klar werden. Vorerst können wir auf

Grund der Alternative „gleich oder fraktionell gleich oder völlig ungleich" bereits wesentliche Ergebnisse der Quantenphysik ableiten, wie der folgende Abschnitt zeigen wird.

3. *Einteilung aller Zustände in Orthogonalreihen.*

Wenn wir von verschiedenen möglichen *Zuständen* eines Teilchens oder eines Systems sprechen, so soll dieser Begriff im allgemeinsten Sinne benutzt werden. Zur Erläuterung denke man an die Zustände verschiedenen Energieinhaltes $E_1, E_2, \ldots$, dann an Zustände verschiedener Teilchenorientierung α, an Zustände verschiedener x-Koordinate, an Zustände verschiedener Längsstreckung des Teilchens usw. Manche dieser Zustände sind zeitlich beständig, andere wechseln rasch, manche bilden diskrete Reihen, andere sind kontinuierlich verteilt. Die verschiedenen Zustände sollen irgendwie feststellbar sein. Zum Beispiel wird man ein Metermaß für x-Zustände, dagegen einen andern passend konstruierten Apparat zur Feststellung der Energie E benutzen.

Sämtliche Zustände, deren ein bestimmtes Teilchen (oder System) überhaupt fähig ist, mögen nun einzeln auf Karten verzeichnet sein, die einen zunächst ungeordneten Kartenberg bilden. Man ziehe nun eine beliebige Karte heraus und nenne den auf ihr verzeichneten Zustand A_1. Unter den zurückgebliebenen Karten werden sich nun sowohl solche mit Zuständen *Nicht-*A_1 als auch solche fraktioneller Gleichheit mit A_1 finden, jedenfalls aber keine Zustände A_1 selber. Man ziehe nun einen der Zustände *Nicht-*A_1 heraus und nenne ihn A_2, danach einen Zustand, der sowohl *Nicht-*A_1 als auch *Nicht-*A_2 ist, und nenne ihn A_3 und so fort, bis man eine vollständige Reihe von untereinander völlig ungleichen, d.h. völlig trennbaren Zuständen vor sich hat. Wir nennen diese Reihe A „vollständig", wenn sich unter den zurückgebliebenen Karten keine einzige befindet, deren Zustand von allen vorher gezogenen Zuständen A_k völlig trennbar ist. Statt des Wortes „völlig trennbar" oder „völlig ungleich" benutzen wir auch das Wort „orthogonal". Wir haben dann also eine vollständige Orthogonalreihe von Zuständen aus dem Kartenberg herausgezogen, die Reihe A. Der nächste Zug, B_1 genannt, wird notwendigerweise einen Zustand ergeben, der im allgemeinen nur eine fraktionelle Gleichheit $q(B_1, A_k) < 1$ mit den verschiedenen Zuständen A_k hat. Dem Zustand B_1 lassen wir weitere Zustände $B_2, B_3, \ldots$ folgen, die alle untereinander völlig verschieden (trennbar, orthogonal) sind, bis auch die Reihe B vollständig ist. Danach ziehen wir weitere Orthogonalreihen von Zuständen C, dann D usw. heraus, bis schließlich der ganze Kartenberg erschöpft ist. Innerhalb einer Orthogonalreihe gilt dann die Gleichheitsbeziehung

$$\left.\begin{aligned} q(A_k, A_{k'}) &= 0 \text{ für } k \neq k' \\ &= 1 \text{ für } k = k'. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Entsprechendes gilt innerhalb der Reihen B und C usw. Dagegen wird im allgemeinen nur eine fraktionelle Gleichheit zwischen Zuständen verschiedener Orthogonalreihen bestehen:

$$q(A_k, B_j) \text{ zwischen } 0 \text{ und } 1. \qquad (1')$$

Die Forderung der Kontinuität der Diffusionsentropie führt also zu einer Ordnung aller möglichen Zustände nach dem Gesichtspunkt ihrer völligen oder fraktionellen Trennbarkeit, einer Ordnung in Orthogonalreihen. (Diese Anordnung ist nicht eindeutig, was mit möglicher „Entartung" zusammenhängt.)

4. *Der Aufspaltungseffekt.*

Zwei Zustände A_k und $A_{k'}$ weisen sich als völlig ungleich oder orthogonal aus, wenn ein Filter existiert, welches für Teilchen A_k durchlässig, für $A_{k'}$ völlig undurchlässig ist. Ein solches Filter im allgemeinsten Sinne des Wortes möge als A_k-*Selektor* bezeichnet werden. Mit ihm kann man den Zustand A_k von allen Zuständen *Nicht-*A_k trennen. Umgekehrt, geht ein Gas durch, so ist das ein Zeichen, daß es im Zustand A_k ist; wird es aufgehalten, so weiß man, daß es in einem Zustand *Nicht-*A_k ist. Was wird nun geschehen, wenn ein Gas im Zustand B_j den A_k-Selektor trifft, angenommen, daß $q(B_j, A_k)$ einen fraktionellen Wert hat? B_j kann in diesem Falle weder frei passieren noch völlig blokkiert werden. Denn im ersten Fall wäre $q(B_j, A_k) = 1$, im zweiten $= 0$. Es bleibt also keine andere Möglichkeit, als daß ein gewisser *Bruchteil* des B_j-Gases durchgelassen und der Rest aufgehalten wird. Der erstere Bruchteil kann dann als quantitatives Maß der fraktionellen Gleichheit $q(B_j, A_k)$ eingeführt werden. Jedenfalls wird der A_k-Selektor das B_j-Gas in zwei Teile zerlegen oder aufspalten, wobei der passierende und der blockierte Teil gesondert aufgefangen werden können. Dieser *Aufspaltungseffekt* durch selektive Filter ist eine unausbleibliche Folge der Annahme, daß die Diffusionsentropie kontinuierlich ist.

Angenommen, $q(B_j, A_k)$ habe den Wert 0,7; das bedeutet, daß unter 1000 einfallenden B_j-Teilchen 700 den A_k-Selektor passieren und 300 aufgehalten werden. Man wird nun fragen, *welche* individuellen B_j-Teilchen zu den begünstigten gehören und *welche* 300 zurückgewiesen werden. Hierauf kann es nur eine Antwort geben: Das verschiedene Verhalten ursprünglich gleicher Teilchen (alle waren im gleichen Zustand B_j, der auf einer einzigen Karte des Kartenberges verzeichnet war) kann nur unter dem Gesichtspunkt der *Wahrscheinlichkeit* verstanden werden. Das heißt, für das B_j-Gasteilchen stellt der A_k-Selektor eine Glücksspielvorrichtung mit 70% Gewinnaussichten dar. Der Gedanke, daß vielleicht gewisse B_j-Teilchen zum Durchgang kausal prädestiniert sind, während andere zur Zurückwerfung vorausbestimmt sind, ist in sich widerspruchsvoll. Denn in diesem Falle wären ja die 1000 Teilchen nicht alle im gleichen Zustand gewesen, sondern wären durch zwei verschiedene Karten B_{jk} und B_{jk} vertreten gewesen. Nach derselben deterministischen Theorie müßte jedes B_j-Teilchen auch bezüglich seines Verhaltens gegenüber einem eventuellen C_m-Selektor prädestiniert sein, d.h., dieselben 1000 B_j-Teilchen müßten sich auch in zwei verschiedenen Zuständen B_{jm} und $B_{j\bar{m}}$ befunden haben. Die Hypothese einer *verborgenen Kausalität* im Aufspaltungseffekt ist unvereinbar mit der Prämisse, daß zunächst *alle* möglichen Zustände auf besonderen Karten verzeichnet waren, daß wir aber dann nur mit Teilchen eines einzigen Zustandes B_j experimentieren. Es ist im übrigen kein Wunder, daß eine Annahme über die Entropie notwendigerweise zu entsprechenden Wahrscheinlichkeitssätzen führt.

Der letzte Satz mag von denen angefochten werden, die wenigstens im Rahmen der *klassischen Theorie* an

eine Möglichkeit einer rein mechanischen Ableitung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik glauben, in der an keiner einzigen Stelle von Wahrscheinlichkeits- und Symmetrieargumenten Gebrauch gemacht wird. Wir halten solche Versuche für prinzipiell aussichtslos aus Gründen, die in einem Artikel der MAX BORN-Festschrift [2] auseinander gesetzt sind. Der Unterschied zwischen klassischer und Quantenstatistik besteht nicht darin, daß die erstere auf Kausalität zurückgeführt werden kann, während die letztere durch irreduzible Wahrscheinlichkeit beherrscht ist, sondern nur darin, daß die Spielregeln verschieden sind.

Man wird nun die weitere Frage stellen: *Auf welche Weise* bringen es die 700 B_j-Teilchen fertig, durch den A_k-Selektor zu schlüpfen, obwohl der letztere doch eigentlich nur für A_k-Teilchen durchlässig ist? Wieder gibt es nur eine einzige logische Antwort: Die 700 B_j-Teilchen müssen offenbar in Berührung mit dem A_k-Selektor zunächst in den Zustand A_k *springen* und sich dadurch für den Durchgang legitimieren, während die restlichen 300 B_j-Teilchen nach *Nicht-A_k* springen und dadurch ihr Durchgangsrecht endgültig verwirken. Das heißt, die vom A_k-Selektor gestellte Alternative „Durchgang oder Nicht-Durchgang" wird durch „Sprung nach A_k oder nach *Nicht-A_k* beantwortet. Der obige Wert $q(B_j, A_k)$ stellt somit die *Wahrscheinlichkeit* eines Sprunges von B_j nach A_k und $(1-q)$ die eines Sprunges von B_j nach *Nicht-A_k* dar. Wir können $q(B_j, A_k)$ mit $q(A_k, B_j)$ gleich setzen, d.h. B_j gleicht A_k in demselben Maße wie A_k dem Zustand B_j. Aus Gründen des thermodynamischen Gleichgewichts nach der Diffusion eines B_j- und eines A_k-Gases muß nämlich der durch ein A_k-Selektor passierende Bruchteil von B_j-Gas gleich dem durch einen B_j-Selektor passierenden Bruchteil von A_k-Gas sein. q muß *symmetrisch* sein.

Indem man ein B_j-Gas erst einem A_1-Selektor, dann den nichtpassierenden Bruchteil einem A_2-Selektor unterwirft und so fort, wird schließlich das ganze B_j-Gas in orthogonale Komponenten $A_1, A_2, \ldots$ zerlegt. Diesen Aufspaltungsprozeß kann man sich auch durch einen einzigen Apparat ausgeführt denken, durch einen *A-Separator*, aus dem die orthogonalen Komponenten A_k mit relativen Intensitäten $q(B_j, A_k)$ gesondert hervorkommen. Natürlich gilt dann die Summenregel

$$\sum_k q(A_k, B_j) = 1 \tag{2}$$

und in gleicher Weise

$$\sum_j q(A_k, B_j) = 1, \tag{2'}$$

wobei man die Symmetrie $q(A_k, B_j) = q(B_j, A_k)$ im Auge behalten muß. Das historisch erste Beispiel eines solchen Separators war die Anordnung von STERN und GERLACH. Das Bestehen des Aufspaltungseffekts, der Zerlegbarkeit eines Zustandes B_j in orthogonale Komponenten $A_1, A_2, \ldots$, ist eine notwendige Folge der Entropiekontinuität als empirische Äußerung der fraktionellen Gleichheit von Zuständen.

5. *Das Interferenzprinzip.*

Der hervorstechendste Zug der Quantentheorie ist jedoch das Auftreten von Wahrscheinlichkeitsamplituden $\Psi(A_k, B_j)$, die einem Interferenz- oder Superpositionsprinzip unterliegen. Die folgende Betrachtung wird zeigen, daß diese Phase der Theorie ebenfalls als eine natürliche Folge der Kontinuität aufgefaßt werden kann, wenn man die mehr oder weniger selbstverständliche Zusatzannahme macht, daß das Verknüpfungsgesetz der Wahrscheinlichkeiten zwischen den Zuständen der Reihen A und B und C usw. unabhängig davon ist, welche dieser Orthogonalreihen man als A oder B oder C bezeichnet, kurz gesagt, wenn man ein in A, B, C usw. *symmetrisches* Verknüpfungsgesetz fordert, in der folgenden Art:

Angenommen, alle Wahrscheinlichkeiten $q(A_k, B_j)$ seien durch Intensitätsmessungen im Aufspaltungseffekt bestimmt worden, so daß die im folgenden Schema zusammengestellten q-Werte bekannt sind:

$$\left\{\begin{matrix} q(A_1, B_1) & q(A_1, B_2) & q(A_1, B_3) & \ldots \\ q(A_2, B_1) & q(A_2, B_2) & q(A_2, B_3) & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \end{matrix}\right\} \tag{3}$$

Das Schema möge als die *Matrix* $\{q(A, B)\}$ bezeichnet werden. Ebenfalls seien alle q-Werte in der Matrix $\{q(B, C)\}$ durch Messungen festgestellt. Es erhebt sich nun die Frage, ob auf Grund dieser Messungen jetzt eine *Voraussage* der q-Werte in der Matrix $\{q(A, C)\}$ möglich ist, d.h., ob eine mathematische Regel existiert, die eine eindeutige oder schlimmsten Falls mehrdeutige Verknüpfung zwischen den Wahrscheinlichkeiten $q(A, B)$, $q(B, C)$ und $q(A, C)$ darstellt. Wenn keine einschränkenden Bedingungen vorlägen, könnte man sich ja beliebige solche Regeln ausdenken, unter denen sich dann eine einzige als empirisch richtig herausstellen würde. Die folgende Betrachtung zeigt jedoch, wie man sofort das einzig logisch mögliche und daher von der Natur gewählte Verknüpfungsgesetz deduzieren kann unter den folgenden naturgemäßen Beschränkungen:

a) Das gesuchte Verknüpfungsgesetz muß so gestaltet sein, daß die Summenregel (2), (2') für die Matrix $\{q(A, C)\}$ erfüllt ist, wenn sie für die ursprünglich gegebenen Matrizen $\{q(A, B)\}$ und $\{q(B, C)\}$ erfüllt war.

b) Das Verknüpfungsgesetz soll keiner der Zustandsreihen einen Vorzug geben, d.h., es soll nicht nur von $\{q(A, B)\}$ und $\{q(B, C)\}$ zu $\{q(A, C)\}$ führen, sondern auch von $\{q(A, C)\}$ und $\{q(B, C)\}$ zu $q(A, B)$ zurückführen; kurz, das gesuchte Gesetz soll *symmetrisch* in allen Zustandsreihen sein.

c) In dem Spezialfall, daß die Zustandsreihen C und A identisch sind, soll die Verknüpfungsregel von $\{q(A, B)\}$ und $\{q(B, A)\}$ zu $\{q(A, A)\}$ führen, d.h. zu q-Werten, die der Bedingung (1) genügen.

Die drei einschränkenden Bedingungen, die im Grunde nur eine innere Widerspruchslosigkeit des gesuchten Verknüpfungsgesetzes fordern, können tatsächlich nur in einer einzigen Weise erfüllt werden. Dem Mathematiker wird sofort auffallen, daß die Bedingungen a), b), c) identisch sind mit den Regeln, die das Verknüpfungsgesetz zwischen den Richtungsunterschieden orthogonaler Achsensysteme $A_1A_2A_3$ und $B_1B_2B_3$ und $C_1C_2C_3$ beherrschen, wenn man $q(A_k, B_j)$ als das *Quadrat* des Richtungscosinus zwischen den Achsen A_k und B_j deutet. Schreibt man nun für den betreffenden Cosinus selbst, der den zweideutigen Wert $\pm\sqrt{q}$ hat, das Zeichen Ψ, d.h. definiert

man $\Psi(A_k, B_j) = \pm \sqrt{q(A_k, B_j)}$, so gilt zwischen den Richtungscosinussen die bekannte Summenregel

$$\Psi(A_k, C_m) = \sum_j \Psi(A_k B_j) \cdot \Psi(B_j, C_m) \tag{4}$$

mit Summierung über alle orthogonalen Richtungen des Achsensystems B. Die Freiheit der Vorzeichenwahl wird dabei durch die Regel

$$\left.\begin{aligned}\Psi(A_k, A_{k'}) = \sum_j \Psi(A_k, B_j) \cdot \Psi(B_j, A_{k'}) &= 1 \text{ für } k = k' \\ &= 0 \text{ für } k \neq k'\end{aligned}\right\} \tag{4'}$$

eingeschränkt im Interesse der Regel c).

In unserem Falle handelt es sich nur symbolischerweise um Quadrate q von Richtungscosinussen Ψ, in Wirklichkeit um Wahrscheinlichkeiten q, so daß man die Hilfsgrößen Ψ als *Wahrscheinlichkeitsamplituden* bezeichnen kann. Ferner ist eine mathematische Verallgemeinerung möglich. Die einschränkenden Bedingungen a), b), c) bleiben nämlich erfüllt, und das Verknüpfungsgesetz (4), (4') bleibt erhalten, wenn man Ψ nicht in zweideutiger Weise durch $\pm \sqrt{q}$, sondern in vieldeutiger Weise durch

$$\Psi(A_k, B_j) = \sqrt{q(A_k, B_j)} \exp(i \varphi_{kj}) \tag{5}$$

als eine komplexe Größe mit unbestimmtem Phasenwinkel $\varphi_{kj} = -\varphi_{jk}$ definiert, so daß $\Psi(A_k, B_j)$ komplex konjugiert zu $\Psi(B_j, A_k)$ wird, obwohl q symmetrisch in A_k und B_j ist. Warum man nicht mit reellen Amplituden Ψ auskommt, wird sich in Abschnitt 6 herausstellen.

Auf jeden Fall ist die Interferenz- oder Superpositionsregel (4) für Wahrscheinlichkeitsamplituden Ψ die einfachste und natürlichste Lösung des Verknüpfungsproblems zwischen den Wahrscheinlichkeiten q unter den Bedingungen a), b), c). Ein strikter Eindeutigkeitsbeweis liegt jedoch nicht vor. Man muß daher mit der Möglichkeit rechnen, daß eine noch allgemeinere Lösung existiert, die dann zu einer Verallgemeinerung des heutigen Quantenformalismus und zu neuartigen Resultaten führen würde.

6. *Die Quantendynamik.*

In den bisherigen Betrachtungen zur thermodynamischen Begründung der Quantentheorie ist die PLANCKsche Konstante h nicht einmal zur Erwähnung gekommen. In der Tat kann eine so allgemeine Forderung wie die der Entropiekontinuität nur zur allgemeinen Grundstruktur physikalischer Erfahrung führen, die erst durch Anwendung auf konkrete dynamische Probleme einen quantitativen Inhalt erwerben kann. Die Dynamik ist nun bekanntlich durch den Gegensatz zwischen Koordinaten q und konjugierten Impulsen p beherrscht. Die Quantenmechanik benutzt drei äquivalente Definitionen dieser *Konjugiertheit*, nämlich entweder die HEISENBERGsche Vertauschungsrelation

$$qp - pq = ih/2\pi, \tag{6}$$

wobei qp und pq Produkte von Matrizen sind, oder die SCHRÖDINGERsche Ersetzung des Moments p durch den Differentialoperator

$$p \to \frac{h}{2i\pi} \frac{\partial}{\partial q}, \tag{6'}$$

oder schließlich die Forderung, daß die Wahrscheinlichkeitsamplitude $\Psi(q, p)$ die komplex exponentielle Form

$$\Psi(q, p) = \exp(2i\pi qp/h) \tag{6''}$$

besitzt. Jede der drei Regeln hat die beiden anderen zur Folge. Nun sind aber die Quantenregeln (6), (6'), (6'') recht spezialisiert. Statt sie wie üblich durch den Hinweis auf die Erfahrung zu rechtfertigen, würde man sie gern auf breiterer Grundlage als Folgen einer einfacheren, weniger spezialisierten Grundannahme ableiten. Es zeigt sich nun, daß die folgende qualitative Forderung oder Definition der Konjugiertheit zur Ableitung von (6'') genügt:

„Zwei Größen q und p sollen als kanonisch konjugiert bezüglich eines dynamischen Systems gelten, wenn das Verhalten des Systems im q-Raum eindeutig sein Verhalten im p-Raum bestimmt."

Wenn z.B. das zeitliche Verhalten verschiedener Beobachtungsgrößen des Systems durch Funktionen $f(t)$ beschrieben wird, so soll $f(t)$ eindeutig die möglichen Energieausgaben und -einnahmen δE des Systems bestimmen (E und t sind konjugiert). Falls $f(t)$ rein harmonisch ist, nennen wir das System einen harmonischen Oszillator. Besitzt $f(t)$ viele spektrale Komponenten, so nennen wir das System ein Atom, dessen Energiesprünge dann eindeutig durch $f(t)$ bestimmt sein sollen. Im allgemeinen postulieren wir:

$$\left.\begin{aligned}&f(q) \text{ bestimmt die möglichen } \delta p\text{-Werte,} \\ &f(t) \text{ bestimmt die möglichen } \delta E\text{-Werte.}\end{aligned}\right\} \tag{7}$$

Diese qualitative Definition der Konjugiertheit ist viel weniger spezialisiert als die quantitativen Definitionen (6), (6'), (6''). Trotzdem läßt sich zeigen, daß (7) im Rahmen des Interferenzprinzips nur dann gelten kann, wenn $\Psi(q, p)$ die besondere Form einer komplexen Exponentialfunktion [3]

$$\Psi(q, p) = \exp(i\, q\, p/\text{const}) \tag{7'}$$

besitzt: nur in diesem Fall wird nämlich das Superpositions-Integral $\int \Psi(p, q)\, \Psi(q, p')\, dq = \Psi(p, p')$ von der *Differenz* $\delta p = p - p'$ abhängen. Dies ist der Ursprung des Auftretens *komplexer* Amplituden Ψ. Bezeichnet man den konstanten Nenner in (7') durch die Buchstaben $h/2\pi$, so wird (7') identisch mit (6'') und stellt eine periodische Amplitudenfunktion der Wellenlänge $\lambda = h/p$ dar (DE BROGLIE). Im Energie-Zeit-Fall erhält man eine periodische Amplitudenfunktion der Frequenz $\nu = E/h$ (PLANCK). Zugleich ergibt sich auch die BOHRsche Frequenzbedingung, $\delta E = h(\nu - \nu')$, worin ν und ν' harmonische Komponenten von $f(t)$ sind. Die obige rein qualitative Definition der Konjugiertheit führt also im Verein mit dem aus der Entropiekontinuität entwickelten Interferenzprinzip (4) zur Quantendynamik.

Natürlich lassen sich keinerlei Voraussagen über das Größenverhältnis der durch den Buchstaben h bezeichneten Wirkungsgröße im Verhältnis zu unseren konventionellen Einheiten machen. Der Frage, warum h so klein ist, stellt SCHRÖDINGER die Frage entgegen, warum wir und andere Lebewesen so groß gegen h sind, mit der Antwort, daß nur für große Systeme eine wenigstens angenähert deterministische Zukunftsbestimmung, d.h. ein geregelter Organismus möglich ist.

7. *Quantenstatistik und Symmetrieprinzipien.*

Nach dieser Abschweifung ins Gebiet der speziellen, durch die Größe h beherrschten Quantendynamik kehren wir zur allgemeinen Theorie zurück und betrachten das thermodynamisch statistische Verhalten vieler gleicher Teilchen, die wir alle als im gleichen Zustand voraussetzen, so daß sie als „gleich" oder ununterscheidbar gelten können. Die Entropie S eines solchen Gases N gleicher Teilchen im Volumen V bei der Temperatur T ist durch das BOLTZMANNsche Prinzip $S = k \lg W$ bestimmt, wobei W die Anzahl verschiedener Mikro-Konfigurationen angibt, die zum gleichen Makro-Zustand gehören. Die klassische Abzählung von W führt nun zu dem bekannten Entropieausdruck

$$S = kN\{\lg V + C \lg T + \text{const}\} \tag{8}$$

mit $C = \frac{3}{2}$ für einatomige, $\frac{5}{2}$ für zweiatomige Molekeln; die *Konstante* hängt nicht von N ab. Dieses klassische Ergebnis ist aber vom Standpunkt der Entropiekontinuität, die ein Verschwinden der Diffusionsentropie gleicher Gase fordert, unannehmbar. Man betrachte nämlich z. B. fünf zunächst getrennte Gase, jedes aus N gleichen Teilchen in einem Sondervolumen V bestehend. Ihre Gesamtentropie wird nach (8)

$$S_0 = 5 \cdot kN\{\lg V + C \log T + \text{const}\}. \tag{8'}$$

Läßt man die $5N$ gleichen Teilchen jetzt in das Gesamtvolumen $5V$ diffundieren, so wird die Gesamtentropie nach (8) jetzt

$$S_1 = 5N \cdot k\{\lg(5V) + C \lg T + \text{const}\}. \tag{8''}$$

Der Entropiezuwachs wird

$$S_1 - S_0 = 5\,kN \lg 5. \tag{8'''}$$

Dieser Betrag wäre zwar richtig, wenn es sich um die Diffusion von fünf verschiedenen Gasen handelte; für gleiche Gase sollte dagegen $S_1 - S_0$ verschwinden. Die klassische Zählung von W, die zu (8) führt, ist also falsch.

Um (8) richtigzustellen setze man verallgemeinernd

$$S = kN\{\lg V + C \lg T + f(N)\}, \tag{9}$$

d.h., man ersetze die in (8) als von N unabhängig betrachtete *const* durch eine noch unbekannte Funktion von N. Wendet man das auf die beiden obigen Fälle von fünf Gasen vor und nach der Diffusion an, so erhält man jetzt

$$S_0 = 5 \cdot kN\{\lg V + C \lg T + f(N)\} \tag{9'}$$

$$S_1 = k \cdot 5N\{\lg(5V) + C \lg T + f(5N)\} \tag{9''}$$

mit der Differenz

$$S_1 - S_0 = 5\,kN\{\lg 5 + f(5N) - f(N)\}. \tag{9'''}$$

Damit letztere verschwindet muß man verlangen:

$$f(5N) - f(N) = -\lg 5 = -(\lg 5 - \lg 1).$$

Diese Bedingung ist nur erfüllt, wenn man $f(N) = -\lg N + \text{const}$ annimmt; daher wird nach (9)

$$S = kN\{\lg V - \lg N + C \lg T + \text{const}\}. \tag{10}$$

Die so erhaltene mit der Entropiekontinuität vereinbare Entropie (10) unterscheidet sich von der klassischen Entropie (8) dadurch, daß sie das Zusatzglied $(-Nk \lg N)$ enthält. Das ist sehr bezeichnend. In statistischen Rechnungen tritt nämlich die Größe $N \lg N$ als Annäherung der Größe $\lg(N!)$ auf; die Subtraktion der Größe $N \lg N$ von der klassischen Entropie S entspricht also einer Division des klassischen W durch $N!$. Das bedeutet, daß je $N!$ klassische Mikroverteilungen korrekterweise nur als eine einzige Verteilung zu zählen sind. Diese aus Gründen des Kontinuitätsprinzips notwendige Unterdrückung der Permutationen gleicher Teilchen ist nun das Grundprinzip der Quantenstatistik.

Daß die richtige Statistik aus thermodynamischen Indizien erschlossen werden kann, ist kein Wunder. Bemerkenswert ist jedoch, daß aus dieser Statistik sich weitere wichtige Züge der Mechanik von Einzelvorgängen ableiten lassen, im besonderen die Beschränkung auf symmetrische und antisymmetrische Ψ-Funktionen als Grundprinzip des Aufbaus der Materie. Treten nämlich N gleiche Teilchen in schwache Wechselwirkung als erster Schritt zur Bildung eines Körpers, so läßt die Störungstheorie der Superpositionsmechanik nicht *eine*, sondern $N!$ verschiedene Arten der Wechselwirkung zu, die zu $N!$ verschiedenen „Austauschenergien" führen. Dieses an und für sich paradoxe Ergebnis wird aber dadurch wieder gutgemacht, daß, wie wir aus thermodynamischen Gründen wissen, die Zahl $N!$ tatsächlich doch auf eine einzige Wechselwirkungsart mit einer einzigen Austauschenergie reduziert werden muß. Die Frage ist nur, *welche* unter den mechanisch erlaubten $N!$ verschiedenen Wechselwirkungsarten ist die richtige? Eine Antwort wird wieder durch das Prinzip der Kontinuität von Ursache und Wirkung ermöglicht.

Der mit der Superpositionsmechanik vertraute Leser weiß, daß die $N!$ Wechselwirkungsarten zu $N!$ verschiedenen Symmetrieklassen der zugehörigen Zustandsfunktionen $\Psi(1, 2, \ldots, N)$ der N gleichen Partikeln gehören, unter denen sich eine symmetrische und eine antisymmetrische Funktion Ψ befindet. Im Falle eines aus nur zwei gleichen Teilchen bestehenden Systems sind überhaupt nur $2! = 2$ verschiedene Ψ-Funktionen mechanisch möglich, nämlich ein symmetrisches und ein antisymmetrisches Ψ. Die Zahl $2!$ ist nun als ein Spezialfall von $N!$ auf eine einzige Wechselwirkungsart zu reduzieren, so daß für Zweiersysteme nur die Wahl zwischen der symmetrischen und der antisymmetrischen Ψ-Funktion besteht. Welche Wahl eine bestimmte Teilchenart treffen wird, kann weder aus mechanischen noch aus thermodynamischen Gründen vorausgesehen werden. Angenommen, die betreffende Teilchenart wählt in Zweiteilchensystemen die symmetrische Wechselwirkung, im Dreierverband aber eine nichtsymmetrische Reaktion. In diesem Falle würde die Annäherung eines dritten Teilchens vom Unendlichen nach einer noch so großen endlichen Entfernung zu einer plötzlichen Änderung der Symmetrieklasse führen. Um eine solche *Symmetriediskontinuität* bei Annäherung eines dritten Teilchens zu vermeiden, muß das Prinzip der *Erhaltung der Symmetrieklasse* beim An- und Abbau gelten. Und da für Zweiersysteme überhaupt nur Symmetrie und Antisymmetrie in Betracht kommt, besteht dieselbe Alternative auch für N gleiche Teilchen. Der Aufbau der Materie wird also unter Ausschluß anderer Symmetrieklassen nur vom Prinzip der

Symmetrie für gewisse Teilchenarten und Antisymmetrie für andere Teilchenarten beherrscht. Antisymmetrie ist identisch mit dem PAULIschen Ausschliessungsprinzip. Im Gebiet der temperaturabhängigen Erscheinungen herrscht somit die symmetrische BOSE- oder die antisymmetrische FERMI-Statistik; beide führen bei tiefen Temperaturen zu charakteristischen Quantenphänomenen.

Auf diese Weise ist es möglich, die allgemeinen Grundlagen der Quantenphysik als notwendige Folgen des Prinzips der Kontinuität von Ursache und Wirkung zu verstehen. Um zu der durch das PLANCKsche Wirkungsquantum beherrschten Dynamik zu gelangen, genügt es, die in Abschnitt 6 gegebene qualitative Definition der Konjugiertheit von Koordinaten und Impulsen hinzuzufügen. Es muß aber zugegeben werden, daß das Kontinuitätsprinzip der Symmetrieklasse rein formal, nicht physikalisch ist und der LEIBNIZschen Forderung, „den Grund der Erscheinungen im Gebiet des reinen Denkens zu suchen", nicht voll Genüge tut.

Literatur.

[1] LANDÉ, A.: Amer. J. Physics **20**, 353 (1952). — Physic. Rev. **87**, 267 (1952). — Philosophy of Sci. **20**, 101 (1953). — Amer. Scientist **41**, 439 (1953). — [2] LANDÉ, A.: Article in Max Born Commemorative Volume. Edinburgh: Oliver a. Boyd 1953. — [3] LANDÉ, A.: Amer. J. Physics (erscheint April 1954).

Physics Laboratory, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.

Eingegangen am 20. Juli 1953.

Begriffsmischungen in der Physik.

(Zur Begriffskritik im Elektromagnetismus.)

Von R. FLEISCHMANN, Erlangen.

1. *Gleichungen und Gleichheit.*

Wenn man das gleiche physikalische Gesetz in verschiedenen Büchern nachsieht, so stellt man in vielen Fällen fest, daß es durch Gleichungen von *verschiedener* Gestalt wiedergegeben wird und daß die verschiedenen Gleichungen einander manchmal sogar *widersprechen*[1]). *Wie ist das möglich?*

Man sagt dann, das liege an dem Gebrauch verschiedener „Einheiten". Ich werde im folgenden zeigen, daß die Ursache vielmehr in der Zulassung und Benützung von *Begriffsmischungen* liegt. Das ist aber etwas ganz anderes. *Man ist nicht derselben Meinung, was begrifflich gleich und was begrifflich verschieden ist bzw. auseinandergehalten werden muß*, ob zwei Begriffe etwas Verschiedenes zum Inhalt haben oder ob sie ein und dasselbe sind. Das ist eine *Grundlagenfrage*, die das Fundament großer Wissenschaftsgebiete betrifft. Daher soll sie an dieser Stelle diskutiert werden. Zu ihrer Lösung müssen Begriffsdefinitionen analysiert werden, und es ist eine Einigung darüber erforderlich, was als „gleich" anzusehen ist.

Gleich ist, was vollkommen durcheinander *ersetzt* werden kann[2]).

Es sei besonders betont, daß die hier besprochene Gleichheit, die sich auf Einzelbegriffe (vgl. Ziffer 2) bezieht, *begriffliche* Gleichheit einschließt.

Manche Gleichungen der Physik, die in *allen* Büchern übereinstimmend wiedergegeben werden, bleiben unverändert *gültig*[3]), wenn man darin benannte Größen einsetzt und durch gleichwertige ersetzt, also z.B. 100 cm durch 1 m oder 1000 g durch 1 kg oder 10^5 dyn durch 1 Newton usw. Andere Gleichungen dagegen *werden unrichtig*[4]), wenn man eine solche Ersetzung vornimmt. Das tritt ein insbesondere bei solchen Gleichungen, in denen eine elektrische oder eine magnetische Größe oder — überraschenderweise — „die Lichtgeschwindigkeit" vorkommt. Es gibt also auf der einen Seite Gleichungen, die *invariant* sind *gegenüber der Wahl der Einheiten*, auf der anderen Seite aber auch solche, die *nur dann* gelten, wenn Einheiten verwendet werden, die in ganz bestimmter Weise festgesetzt sind.

Seit über 30 Jahren wird von vielen Physikern gefordert, daß in der Physik nur Gleichungen verwendet werden sollen, die bei *jeder beliebigen* Wahl der Einheiten gelten. Es muß insbesondere beim Einsetzen in eine Gleichung möglich sein, 1 Weber/m² durch 10000 Gauß oder 300 elektrostatische Spannungseinheiten durch 1 V oder 10^7 Erg durch 1 Wsec zu ersetzen, und die Gleichung muß auch dann noch gültig sein. Das ist bei vielen Gleichungen, die heute im Gebrauch sind, *nicht* der Fall. Dies rührt *nicht* etwa von einer zweckmäßigen oder unzweckmäßigen Wahl der Einheiten her, sondern von etwas ganz anderem, nämlich vom Gebrauch von Begriffsmischungen (hybriden Begriffen). Obwohl die Forderung der Invarianz gegenüber Änderung der Einheiten naturgemäß ist, ja geradezu selbstverständlich erscheint, ist sie bis jetzt keineswegs allgemein erfüllt.

2. *Sammelbegriffe (Phänomene) und Einzelbegriffe (Größenarten).*

In der Physik haben wir häufig zu tun einerseits mit Begriffen („Sammelbegriffen"), die ein *komplexes Phänomen* beschreiben, andererseits mit Begriffen („Einzelbegriffen"), die wir „Größenarten" nennen, und die unterscheidbare Bestimmungsstücke solcher

[1]) Die Kraft auf einen stromdurchflossenen Draht wird in gewissen Büchern durch $d\mathfrak{K} = \frac{I\,d\mathfrak{s} \times \mathfrak{H}}{c}$ angegeben, in anderen dagegen durch $d\mathfrak{K} = I\,d\mathfrak{s} \times \mathfrak{B}$. Dabei gilt aber in *beiden* Fällen $\mathfrak{H} \neq c\,\mathfrak{B}$. Zwischen den beiden Gleichungen, die *ein und denselben* Naturzusammenhang quantitativ ausdrücken sollen, besteht also ein formaler *Widerspruch*; wenn die beiden Gleichungen miteinander verträglich sein sollten, müßte $\mathfrak{H} = c\,\mathfrak{B}$ gelten. Das ist aber in keinem der beiden Fälle gültig.

[2]) Das heißt: hinsichtlich der betrachteten (gemeinten) Eigenschaft sich vertreten kann. Man denke an die meßtechnischen Substitutionsmethoden. Beispiel: Ein Kondensator von 1000 pF kann durch einen Kondensator anderer Bauart von 1000 pF ersetzt werden. Dagegen kann ein Stab von 50 cm und eine Kapazität von 50 cm (oder eine Selbstinduktion von 50 cm) nicht durcheinander ersetzt werden. Daher kann eine Länge nur einer Länge gleich sein oder eine Kapazität einer Kapazität, usw.

[3]) Beispiel: Der Zusammenhang $s = \frac{1}{2} b t^2$ zwischen Weg s, Beschleunigung b und Zeit t für gleichförmig beschleunigte Bewegung.

[4]) Beispiel: Beide Schreibweisen der Gleichung in Fußnote 1) oder die folgende Aussage: „Die Länge eines Pendels kann der Uhrmacher erhalten, indem er die Schwingungsdauer in Sekunden zuerst mit sich selbst und dann mit der Zahl 249, ... („Uhrmacherzahl") multipliziert."

Phänomene darstellen. Eine „Größenart" wiederum ist der Oberbegriff für unendlich viele „benannte physikalische Größen" (kurz „Größen") gleicher Größenart, die sich voneinander nur durch eine *unbenannte* Verhältniszahl unterscheiden. Größen*arten* sind Begriffe ohne Zahlenwert, „Größen" dagegen sind das gleiche, was man auch benannte Zahlen nennt.

Bewegung ist ein „Phänomen" (Sammelbegriff). Geschwindigkeit ist eine „Größenart". 0,5 cm/sec ist eine „Größe", die zur Größen*art* (Oberbegriff) Geschwindigkeit gehört, ebenso wie 2 mm/Jahr oder 100000 km/h. Zu den komplexen Sammelbegriffen gehört insbesondere z. B. Elektrizität, Magnetismus, Strom, Feld u. dgl., aber auch materieller Körper.

Ein Phänomen erfordert zur quantitativen Beschreibung *mehrere* verschiedene Größenarten, das Phänomen Bewegung z. B. neben der Geschwindigkeit auch Winkelgeschwindigkeit, Drehwinkel usw. Ein materieller Körper erfordert: Masse, Volumen, Dichte. Das Phänomen elektrischer Strom erfordert insbesondere Stromstärke und Stromdichte, weiter magnetische Spannung usw. Man findet leider oft eine ungenaue Redeweise, indem in der physikalischen Literatur das Wort „Strom" (im Sinne von „elektrischer Strom") manchmal gebraucht wird für Stromstärke, manchmal aber auch für Stromdichte (= Stromstärke/Fläche), manchmal in noch anderem Sinn, nämlich für magnetische Spannung. Für die letztere wird auch gesagt „Stromstärke magnetisch gemessen". Wenn man sich so oder ähnlich ausdrückt, handelt es sich um eine Ungenauigkeit, und zwar eine solche, die auf *begrifflichem* Gebiet liegt.

3. *Mischung von Einzelbegriffen (hybride Begriffe).*

Eben sprachen wir von begrifflichen Ungenauigkeiten und kommen jetzt zu Begriffs*mischungen*. Diese haben grundsätzliche Bedeutung und sind die *Ursache* dafür, daß ein und derselbe Naturzusammenhang in verschiedenen Büchern durch verschiedene, manchmal sogar einander widersprechende Gleichungen ausgedrückt wird. Man ist sich, so viel ich sehe, durchaus *nicht* im klaren, daß solche Begriffsmischungen im Gebrauch sind. Als „Begriffsmischung" (hybride Begriffe) bezeichne ich das *Zusammenwerfen* zweier oder mehrerer verschiedener Größenarten: Aus der Größenart A und der Größenart B bildet man die zusammengefaßte Größenart (A und B) und behandelt A und B als dasselbe[1]). Das erfordert dann noch eine Festsetzung, daß eine bestimmte Größe aus dem Bereich der Größenart A und eine bestimmte Größe aus dem Bereich der Größenart B einander gleichgesetzt werden sollen[2]).

Wir betrachten einige Einzelbegriffe und fragen: Liegt begriffliche Gleichheit oder begriffliche Verschiedenheit vor?

Von manchen Physikern wird auch heute noch vertreten, daß zwischen Länge und (elektrischer) Kapazität „physikalisch" kein Unterschied sei [Bildung einer Größenart (A und B)]. Daher wird behauptet, daß 1 Farad eine Längeneinheit sei. Das sei eben so, auch wenn man es nicht zugeben wolle. Daß Kapazität und Länge etwas Verschiedenes sind und auseinandergehalten werden müssen, liegt auf der Hand; denn man kann einen Stab von 50 cm nicht durch einen Kondensator von 50 „cm" ersetzen.

Meine Ansicht dagegen ist die folgende: Zwei Größen, die sich stets proportional ändern (wie der Zeigerausschlag eines Drehspulamperemeters und die elektrische Stromstärke, die durch das Instrument hindurchgeht), sind deshalb aber keineswegs „gleich", da sie begrifflich von anderer Art sind, sie können einander nur *entsprechen*. Dasselbe gilt für die Kapazität eines Kugelkondensators einerseits und für den Radius der Kugel andererseits. Die Proportionalität zwischen beiden ist ein Naturgesetz, das der experimentellen Prüfung unterliegt. Das Vorhandensein der Proportionalität bedeutet nicht das Vorliegen einer begrifflichen Gleichheit (Identität). Um dieses Naturgesetz überhaupt finden und aussprechen zu können, müssen erst die beiden (inhaltlich *verschiedenen*) Begriffe Länge und Kapazität gebildet sein. Von solchen Begriffen und ihrer Verschiedenheit oder Gleichheit ist im folgenden die Rede.

Die weit überwiegende Mehrzahl der Physiker erkennt die Verschiedenheit im Prinzip auch an, obwohl in vielen gebräuchlichen Lehrbüchern implizit *an der Behauptung der begrifflichen Identität*[3]) *festgehalten wird.*

Nicht bewußt ist es der überwiegenden Mehrzahl der Physiker, daß der in den Gleichungen der CGS-Systeme auftretende Faktor c manchmal eine Geschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes) bedeutet, in vielen anderen Fällen jedoch die elektromagnetische Verkettung = elektrische Stromstärke/magnetische Spannung, die mit γ bezeichnet werden soll. Diese beiden Größenarten, Geschwindigkeit und elektromagnetische Verkettung, sind genau so verschieden wie Länge und Kapazität[4]). Sie fallen im Gaussschen CGS-System zusammen, in den Begriffssystemen, die dem elektrischen und dem magnetischen CGS-Systemen zugrunde liegen, aber nicht.

Es gibt verschiedene Systeme der Begriffsmischung: Die verschiedenen CGS-Systeme gehen *übereinstimmend* von 1 cm, 1 sec, 1 g aus, sie *unterscheiden* sich aber durch die verschiedenen Vorschriften für eine Begriffsmischung. Das elektrostatische CGS-System enthält unter anderem die schon erwähnte Begriffsmischung (Kapazität—Länge), das elektromagnetische CGS-System dagegen die davon verschiedene Begriffsmischung (Selbstinduktion—Länge) und das Gausssche CGS-System die von beiden verschiedene Begriffsmischung (Selbstinduktion—reziproke Beschleunigung). Die Begriffsmischung des einen Systems gilt nicht im anderen.

4. *Das Physikalische Begriffssystem als Gruppe mit Basis.*

Die Gesamtheit der in die Betrachtung einbezogenen Größenarten, also der Einzelbegriffe, soll das

[1]) Beispiel: Die Länge eines Films in Metern und die „Länge" eines Films in Minuten. Im ersten Fall ist von der (geometrischen) Länge die Rede, im zweiten Fall von einer Zeitdauer (Vorführdauer). Es handelt sich nicht um dieselbe betrachtete Eigenschaft im Sinne der obigen Ziff. 1. Wenn man Länge und „Länge" zusammenwirft und sagt: Es ist gleichwertig, ob man die Länge des Films in Metern oder in Minuten angibt, so ist *dieser* Begriff Länge ein hybrider Begriff.

[2]) Zum Beispiel diejenige Kapazität, die ein Kugelkondensator mit $r_i = 1$ cm, $r_a = \infty$ besitzt, soll 1 cm heißen.

[3]) Ladung durch Fläche (Q/l^2) und Spannungsgradient (U/l) werden dort als gleich angesehen und bedenkenlos addiert. Die Gleichheit dieser beiden Größenarten bedeutet aber dasselbe wie die Gleichartigkeit von Kapazität ($C = Q/U$) und Länge (l), wie man sieht, wenn man die beiden Erstgenannten mit Fläche: Spannung (l^2/U) multipliziert oder die Letztgenannten dadurch dividiert.

[4]) Vgl. Fußnote 1, S. 133.

physikalische „Begriffssystem" genannt werden. Dazu gehören z.B. Begriffe wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Leistung, Wirkung, elektrische Stromstärke, elektrischer Widerstand, Selbstinduktion, magnetisches Moment usw.

Es können auch Teile des Begriffssystems betrachtet werden, z.B. nur die Begriffe der Mechanik. Die Größen*arten* sind, wie schon betont, *Begriffe ohne Zahlenwert*. Wie ich an anderer Stelle gezeigt habe[1]), bildet das physikalische Begriffssystem eine *Gruppe* im Sinne der Mathematik, und zwar eine solche mit einem *Basissystem*[2]), das aus einer bestimmten (endlichen) Anzahl von Elementen („Basiselementen") besteht. Die *Anzahl* der Elemente, aus denen eine Basis besteht, hängt von den in die Betrachtung einbezogenen Begriffen ab und ist objektiv feststellbar. Sie ist charakteristisch für die Gruppe bzw. die betrachtete Untergruppe. Wenn die Basis aus mehr als einem Element besteht, existieren *unendlich viele* Basissysteme, die einander *gleichwertig* sind. Mit Hilfe von Elementen, die zusammen eine *Basis* bilden — und *nur* durch solche — können wir alle anderen Größenarten *eindeutig* ausdrücken, und zwar auf Grund ihrer *Definition*. Die dabei entstehenden Potenzprodukte nennen wir „*Dimensionsprodukte*" relativ zur gegebenen Basis. Wir sprechen vielleicht besser von einer „gewählten" Basis, da wir ja unter den unendlich vielen gleichwertigen Basissystemen, aber *nur* unter diesen, eines frei wählen können. Die Größenarten, die einer solchen Basis angehören, sollen auch „Ausgangsgrößenarten"[3]) genannt werden, weil wir von ihnen ausgehend jede Größenart *ein-eindeutig* ausdrücken können durch ein Produkt aus den Ausgangsgrößenarten.

Man kann die Gesamtheit der Größen*arten* (das sind, wie betont, Begriffe ohne Zahlenwert) eindeutig auf ein mehrdimensionales *Punktgitter* abbilden. Eine Basis steht zum Begriffssystem genau im gleichen Verhältnis wie eine *Elementarzelle* zu einem Punktgitter. Den Ausgangsgrößenarten entsprechen die Vektoren vom Koordinatenanfangspunkt zu den Punkten einer Elementarzelle, und den Exponenten im Dimensionsprodukt entsprechen im Punktgitter die Koordinaten relativ zu diesen Vektoren. Wenn man das Punktgitter als Repräsentanten des physikalischen Begriffssystems benutzt, versteht man sehr anschaulich, was Begriffsmischungen sind. Sie entstehen, wenn man ein *n-dimensionales Punktgitter* auf ein $(n-1)$-dimensionales (oder, wenn man weitere Projektionen durchführt, ein noch niedriger dimensionales) *projiziert* und dieses letztere als die Wiedergabe des Begriffssystems ansieht. Durch die Projektionsvorschrift entsteht Mehrdeutigkeit (Größenarten A und B usw.).

Vorgeschrieben wird die Richtung, in der eine Parallelprojektion im Gitter vorgenommen werden soll. Für das elektrische CGS-System wird sie z.B. festgelegt durch die Forderung, daß der Punkt, der der Größenart elektrische Kapazität entspricht, auf den Punkt fallen soll, der im Gitter der Größenart Länge entspricht, oder durch die damit gleichwertige Forderung, daß die Größenart Kapazität/Länge (die bei einem langen Zylinderkondensator eine Rolle spielt), auf den Punkt, der im Gitter den unbenannten Größen entspricht, d.h. auf den Koordinatenanfangspunkt des Punktgitters, projiziert werden soll.

5. *Ausgangseinheiten und benannte Größen.*

Wenn man in dieser Weise die Struktur des physikalischen Begriffssystems erfaßt hat, lassen sich die bisher als heikel und schwierig geltenden Zusammenhänge zwischen „Einheiten"systemen leicht übersehen oder richtiger zwischen den Begriffssystemen, die den Einheitensystemen zugrunde liegen.

Wir werden jetzt den Übergang von Größenarten (Begriffen ohne Zahlenwert) zu Einheiten und allgemein zu „Größen" (benannten Größen) durchführen. Zu einem vollständigen und eindeutigen Einheitensystem gelangt man, indem man für jede Größenart, die einer *Basis* des Begriffssystems angehört, *und nur für diese*, je eine *willkürliche* Einheit wählt („Ausgangseinheiten")[4]). Einheiten für die übrigen Größenarten folgen aus dem Dimensionsprodukt, indem man jeweils ein gleichartig zusammengesetztes Produkt bildet, in welchem die Ausgangs*größenarten* durch die Ausgangs*einheiten* ersetzt sind. Die so bestimmten Einheiten bilden ein Einheiten„system". Für ein solches gilt *stets* die 1:1-Normierung („kohärente Einheiten")[5]), gleichviel, ob rational definierte Größen oder auch Größen, die nicht rational definiert sind, verwandt werden. Die 1:1-Normierung gilt auch unabhängig davon, ob Begriffsmischungen ausgeschlossen oder zugelassen sind, also auch in den nicht rationalen CGS-Systemen (vgl. unten Ziff. 9).

6. *Was heißt Messen?*

In der vorliegenden Abhandlung haben wir einerseits zu tun mit der Definition von Begriffen, insbesondere von Größenarten, andererseits mit „Messungen". Daher muß klar definiert werden, was das Wort „messen" bedeutet.

Messen heißt: Ein Verhältnis bilden zwischen *einer* Größe einer bestimmten Größen*art* zu einer *anderen* Größe *gleicher* Größen*art*, die (im Bereich der Größen dieser Größenart) als Einheit gewählt worden ist. Es sind also zwei Dinge wichtig, das Vorhandensein zweier Größen *gleicher* Größenart, deren eine als Einheit gewählt worden ist und die Bildung eines *Verhältnisses*, wobei eine *unbenannte* Verhältniszahl geliefert wird.

Man liest manchmal: Messen heißt „vergleichen" mit einer Einheit. Diese Aussage ist unzureichend, denn beim Vergleichen können nur drei Aussagen erhalten werden, — größer als, oder kleiner als, oder gleich —, während das Ergebnis einer „Messung" sein soll: Größe II ist das a-fache der Größe I, wobei a eine positive reelle Zahl ist und I und II Größen gleicher Größenart sind, wie z.B. zwei elektrische Stromstärken, zwei Längen, zwei magnetische Momente, zwei Leistungen, zwei elektrische Widerstände usw.[6]).

[1]) FLEISCHMANN, R.: Z. Physik **129**, 377 (1951).

[2]) Kurz „Basis".

[3]) Ich vermeide das Wort „*Grund*größenarten", da offen bleiben soll, ob es unter den zulässigen Basiselementen solche gibt, die als „grundlegende" Größenarten ausgezeichnet werden können oder ob es solche nicht gibt.

[4]) Ich vermeide das irreführende Wort Grundeinheiten (vgl. dazu auch Fußnote 3 auf dieser Seite.

[5]) Das bedeutet: Wenn Energie = Kraft · Weglänge ist, soll gelten Energieeinheit = Krafteinheit · Weglängeneinheit (ohne einen zusätzlichen Zahlenfaktor), also 1 erg = 1 dyn · 1 cm oder 1 Joule = 1 Newton · 1 m.

[6]) Das sog. unechte „Messen" (z.B. der Winkelausschlag meines Instruments „ist ein Maß für" die Stromstärke) setzt die *Existenz* der echten Messung und die *zusätzliche* Kenntnis des proportionalen Verhaltens der benützten verschiedenartigen Größen (Stromstärke bzw. Winkel) voraus. Es soll ausdrücklich ausgeschlossen werden, da nur eine unvollständige Redeweise zugrunde liegt.

7. Eine Invarianzforderung („Systeminvarianz").

Naturgesetze sind unabhängig von den Einheiten. Wie schon in der Einleitung gesagt, muß man daher fordern, daß Gleichungen, die physikalische *Gesetzmäßigkeiten* aussprechen, *in ihrer Form nicht geändert werden, wenn man die „Einheiten" ändert.* (Invarianz gegenüber der Wahl des Einheitensystems). Diese Forderung ist erfüllbar, und wenn sie erfüllt ist, erweisen sich die Gleichungen darüber hinaus auch invariant gegenüber der Wahl beliebiger, also auch systemfremder Einheiten. Diese Invarianzeigenschaft können nur Gleichungen zwischen *benannten* Größen („Größengleichungen")[1]) besitzen. Eine „Größe" (benannte Größe) besteht immer aus Zahlenwert (unbenannte Maßzahl) mal benannte Einheit.

Im Gegensatz dazu stehen die immer noch sehr verbreiteten Zahlenwertgleichungen, in die für die allgemeinen Zeichen „Zahlenwerte" (unbenannte Zahlen) eingesetzt werden müssen, wie 3 oder 5, die nach einem bestimmten Rezept gefunden sind.

Eine Zahlenwertgleichung, die ein Naturgesetz formuliert, erhält oft ein ganz anderes Aussehen, wenn man zu einem anderen „Maßsystem" übergeht. Es besteht keine Invarianz gegenüber der Wahl der Einheiten. Anderes Maßsystem *scheint* zu bedeuten andere Beträge der Einheiten (z.B. Längeneinheit 1 m statt Längeneinheit 1 cm usw.).

In Wirklichkeit werden (in vielen Fällen) einerseits die Beträge der Einheiten um eine Verhältniszahl geändert, andererseits geht man *gleichzeitig* zu einem anderen Begriffssystem über, in dem gewisse Größenarten identifiziert werden bzw. nicht mehr identifiziert werden[2]). Das eben erwähnte „Rezept" enthält nämlich in verschiedenen Fällen auch Vorschriften für die Ausführung einer Begriffsmischung[3]). *Das ist der entscheidende Punkt.*

Daher rührt das, was man als „Maßsystem"-Schwierigkeiten bezeichnet. Daran sind aber *nicht* die „Einheiten" schuld, *sondern* die *Begriffsmischungen.* Die Zeit ist reif dafür, solche logischen Unmöglichkeiten klar zu erkennen und aus der Wissenschaft zu verbannen.

Besonders zu beachten ist folgendes: Wenn zwei Begriffe A und B im *einen* System *getrennt* behandelt werden (wie das bei begrifflicher Korrektheit geschehen muß), im *anderen* dagegen aus beiden ein *Mischbegriff* (A und B) gebildet wird, darf man *weder* sagen $A =$ (A und B) *noch* $B =$ (A und B), sondern muß schreiben $A \mathrel{\hat{=}}$ (A und B) bzw. $B \mathrel{\hat{=}}$ (A und B). Aus der Nichtbeachtung dieser Selbstverständlichkeit *folgt der größte Teil* der ärgerlichen Schwierigkeiten, die jeder Physiker nur zu gut kennt[4]).

Man kann Größen aus einem System, das *keine* Begriffsmischungen enthält, *stets* eindeutig in solche aus einem System, das Begriffsmischungen enthält, *umwandeln, aber nicht umgekehrt.* So kann z.B. stets 1000 pF durch 900 cm ersetzt werden, oder $1 \frac{\text{Weber}}{m^2}$ durch $10^4\,\text{cm}^{-\frac{1}{2}}\,\text{g}^{\frac{1}{2}}\,\text{sec}^{-1}$ des magnetischen oder des Gaussschen CGS-Systems, also 10^4 Gauß, oder $1 \frac{\text{Weber}}{\text{Voltsec}}$ durch $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec des Gaussschen CGS-Systems, aber nicht umgekehrt[5]).

In den verschiedenen Systemen sind Begriffsmischungen in verschiedener Weise durchgeführt. Die *Begriffe* solcher Systeme sind nicht umkehrbar eindeutig aufeinander abbildbar.

Das ist der *sachliche Kern* der bekannten Schwierigkeiten.

8. Aufgabe der Begriffskritik.

Die Beseitigung dieser ärgerlichen Dinge ist also eine Frage der *Begriffskritik* (und das ist eine allgemein naturwissenschaftliche Frage). Welche Beträge die Einheiten haben, ist vollkommen gleichgültig und gleichwertig, aber es ist *von entscheidender Wichtigkeit, daß die Längeneinheit ausschließlich eine Einheit der Länge* ist und daß die Einheit *nicht* einem *Mischbegriff* (A und B) zukommt, der zugleich auch eine Kapazität bedeutet.

Die heutige Aufgabe möge durch drei Aussagen präzisiert werden:

1. Aussage. Ein und dasselbe physikalische Gesetz wird heute in verschiedenen Lehrbüchern vielfach durch sachlich verschiedene Gleichungen wiedergegeben (vgl. Fußnote 1, S. 131).

2. Aussage. Es ist *möglich, alle* physikalischen Gesetze so zu formulieren, daß sie bei Gebrauch *beliebiger* Beträge der Einheiten *in gleicher Form* unverändert gültig sind (Invarianz gegenüber Einheitenwahl)[6]), „Systeminvarianz".

3. Aussage. Diese Invarianzforderung kann nur erfüllt werden, wird aber auch immer erfüllt, wenn der Gebrauch von Begriffsmischungen (mehrdeutigen Begriffen) unterbleibt. (Notwendige und hinreichende Bedingung.)

Vor dem Auftreten von Begriffsmischungen ist man geschützt, wenn man verlangt, daß *jede* neu einzuführende Größenart nur durch eine *einzige* Gleichung definiert wird und daß diese die Form $A \cdot B = C$ haben soll. Diese Art der Definition geschieht auch heute schon in den allermeisten Fällen[7]). Man muß lediglich verlangen, daß sie mit Ausschließlichkeit verwendet wird.

9. Nichtrationale Größen.

Schließlich muß noch die Frage rational-nichtrational kurz behandelt werden. Man gebraucht

[1]) In ihnen ist es gleich, *wie* die gleiche „Größe" als Produkt aus Zahlenwert mal benannte Einheit ausgedrückt wird, z.B. als $1800 \cdot 1$ sec oder als $30 \cdot 1$ min oder als $0{,}5 \cdot 1$ h. Im Bereich ein und derselben Größenart (z.B. Zeit) unterscheiden sich verschiedene Einheiten nur um einen unbenannten Zahlenfaktor. In systeminvarianten Größengleichungen dürfen auch Einheiten eingesetzt werden, die nicht einem Einheiten„system" angehören.

[2]) Beispiel: Beim Übergang vom internationalen zu einem der CGS-Systeme ersetzt man bei den Kapazitäten 1,11 pF durch 1 cm und bei den Längen 10^{-2} m durch 1 cm und sagt 1 cm = 1 cm. Die Schaffung eines Mischbegriffs (A und B) besteht darin, daß man den Unterschied zwischen „cm" und cm aufhebt.

[3]) Zum Beispiel Vorschriften, durch die Kapazität und Länge identifiziert werden. Zahlenwertgleichungen sind eine Aushilfe, die angängig erscheint, solange und *nur solange* Begriffsmischungen zugelassen werden.

[4]) Für die Zuordnung darf nur das Entsprichtzeichen ($\hat{=}$), nicht das Gleichheitszeichen verwendet werden. Es darf also nur heißen: 1 pF $\hat{=}$ 0,9 cm oder 10^4 Gauß $\hat{=}$ 1 Weber oder heißen $3 \cdot 10^9\,\text{cm}^{\frac{1}{2}}\,\text{g}^{\frac{1}{2}}\,\text{sec}^{-2}$ (CGS-elektr.) $\hat{=}$ 0,1 $\text{cm}^{\frac{1}{2}}\,\text{g}^{\frac{1}{2}}\,\text{sec}^{-1}$ (CGS-magn.) $\hat{=}$ 1 Amp.

[5]) Umgekehrt läßt sich 1 cm *weder* allgemein durch 1,11 pF *noch* durch 10^{-2} m ersetzen. 1 cm gehört hier zu einer Größenart (A und B), 1,11 pF dagegen zu A (Kapazität) und 10^{-2} m zu B (Länge). In der Gleichung $\oint \mathfrak{H}\, ds = \frac{4\pi}{c} I$ des Gaussschen CGS-Systems und in der Gleichung $\oint \mathfrak{E}\, ds = \frac{1}{c} \dot{\Phi}$ ist c nicht die Lichtgeschwindigkeit $3 \cdot 10^8$ m/sec, sondern die elektromagnetische Verkettung 1 Weber je Voltsec $\equiv$ 1 A/(Aw).

[6]) Bei der Veränderung der Einheiten darf aber nicht z.B. die Frequenz ν durch die Kreisfrequenz (nichtrationale Frequenz) $\tilde{\nu} = 2\pi \cdot \nu$ ersetzt werden (üblicherweise schreibt man ω statt des hier gebrauchten $\tilde{\nu}$) oder $\mathfrak{H}$ durch $\tilde{\mathfrak{H}} = 4\pi\,\mathfrak{H}$ u. dgl., vgl. Ziff. 8.

[7]) Zum Beispiel wenn Energie und Zeit definiert sind, wird die Größenart Leistung eingeführt (erklärt, definiert) durch Energie = Leistung · Zeit.

nebeneinander die Frequenz ν und die Kreisfrequenz ω. Die Frequenz $\nu = 1/T$ unterscheidet sich von der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi \cdot (1/T)$ nur durch einen unbenannten Zahlenfaktor, nämlich 2π. Frequenz und Kreisfrequenz sind verschiedene „Größen"; sie gehören aber zur gleichen Größen*art* („Dimension"), nämlich Frequenz = (Zeit)$^{-1}$. Es ist also dim ν = dim ω. Sie werden in der *gleichen* Einheit gemessen, nämlich sec^{-1}†). Die Kreisfrequenz ist eine „nichtrational definierte Größe", weil in der Größendefinition $\omega = 2\pi \cdot \nu$ der zusätzliche nichtrationale Faktor 2π eingeführt ist. Die Verwendung der Kreisfrequenz hat nicht die Ursache und auch nicht die Wirkung, daß dadurch eine neue Zeit*einheit*, die man etwa als nichtrationale Sekunde bezeichnen könnte, oder eine nichtrationale Frequenz geschaffen würde. Die Einheiten werden also *nicht* berührt. Zeiteinheit bleibt 1 sec, Frequenzeinheit bleibt 1 sec^{-1}. Ähnlich ist es bei h und $\hbar = h/2\pi$. Es handelt sich um zwei verschiedene Größen, die in der gleichen Einheit gemessen werden[1]).

Wenn man zu *anderen Einheiten* übergeht, darf man *nicht gleichzeitig* die Größendefinition ändern. Man darf also z.B., wenn ein Einheitensystem auf Sekunden als Zeiteinheit gegründet ist und man zu einem anderen übergeht, das z.B. auf Minuten gegründet ist, *nicht gleichzeitig* die Frequenz durch die Kreisfrequenz ersetzen und auch dann noch den gleichen Namen Frequenz verwenden. Dies wäre eine Unkorrektheit. Das etwa tut man aber bei elektrischen und magnetischen Größen beim Übergang zwischen den verschiedenen Systemen. Man muß vielmehr für die rationalen und die nichtrationalen ein *verschiedenes Zeichen* und einen verschiedenen Namen verwenden.

In den üblichen CGS-Systemen führt man neben (Ladung/Fläche) auch die nichtrationale Größe $4\pi \cdot$ (Ladung/Fläche) ein, also $\tilde{\mathfrak{D}} = 4\pi \cdot Q/f$, und statt der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H} = \mathfrak{K}/\Phi$ die nichtrationale Feldstärke $\tilde{\mathfrak{H}} = 4\pi\,\mathfrak{H}$ und verwendet sie ausschließlich sowie den nichtrationalen Fluß $\tilde{p} = \Phi/4\pi$ („Polstärke")[2]). Die Gründe, weshalb man dazu gekommen ist, interessieren in diesem Zusammenhang nicht. Beim magnetischen Fluß Φ und der Flußdichte $\mathfrak{B}$ und bei γ wirkt sich der Faktor nicht aus. Wenn man die „nichtrationalen" Größen, die durch Hinzufügung eines Faktors, sei es 2π oder 4π oder $(1/4\pi)$, gebildet werden, immer kennzeichnet, so, wie es bei h und $\hbar$ allgemein geschieht, sind *alle* Rationalisierungsschwierigkeiten behoben. Es ist wirklich an der Zeit, die durch solche Unterlassung hervorgerufene Leerlaufarbeit zu vermeiden.

10. Die Gleichungen der Elektrodynamik in invarianter Form.

Zum Schluß sollen noch die elektromagnetischen Grundgleichungen (für durchweg rational definierte Größen) in einer gegen Maßsystemwahl invarianten Form hingeschrieben werden. Sie sind auch gegen Verwendung beliebiger Einheiten, die keinem Maßsystem angehören, invariant, wenn man benannte Größen einsetzt. Für den materiefreien Raum lauten sie:

$$\operatorname{div} \mathfrak{D} = \varrho \qquad \operatorname{div} \mathfrak{B} = 0$$
$$\mathfrak{D} = \varepsilon_0 \cdot \mathfrak{E} \qquad \mathfrak{B} = \mu_0 \cdot \mathfrak{H}$$
$$j + \dot{\mathfrak{D}} = \gamma \operatorname{rot} \mathfrak{H} \qquad -\dot{\mathfrak{B}} = \gamma \operatorname{rot} \mathfrak{E}$$
$$\varepsilon_0 \mu_0 \cdot c^2 = \gamma^2,$$
$$\text{dabei ist} \qquad j = \varrho \cdot \mathfrak{v}.$$

Für den von Materie erfüllten Raum ist

statt	ε_0	μ_0	c
einzusetzen	$\varepsilon_0 \varepsilon$	$\mu_0 \mu$	v,

wo v die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Medium ist. Die elektromagnetische Verkettung γ ist von der Lichtgeschwindigkeit sachlich (begrifflich) verschieden. Sie ist invariant gegenüber einer LORENTZ-Transformation, vgl. [3]).

Die Gleichungen gelten *auch* in Systemen, in denen Begriffsmischungen vorkommen[4]). Bei Verwendung nichtrationaler Größendefinitionen jedoch müssen für die in den Gleichungen stehenden rational definierten Größen die nichtrationalen eingeführt werden. Um die Gleichungen des GAUSSschen CGS-Systems zu erhalten, muß also

ersetzt werden	$\mathfrak{D}$	$\mathfrak{H}$	ε_0	μ_0
durch[5])	$\dfrac{\tilde{\mathfrak{D}}}{4\pi}$	$\dfrac{\tilde{\mathfrak{H}}}{4\pi}$	$\dfrac{\tilde{\varepsilon}_0}{4\pi}$	$4\pi\tilde{\mu}_0$.

Unverändert bleiben $Q, \varrho, j, \mathfrak{E}, \Phi, \mathfrak{B}, \gamma$.

Im GAUSSschen System wird gesetzt

$$\tilde{\varepsilon}_0 = \tilde{\mu}_0 = 1.$$

Ich fasse zusammen: Die Zulassung von Begriffsmischungen (hybriden Begriffen), also die Verwendung von Begriffen der Art (A und B), statt eines Begriffes A und des davon unterschiedenen Begriffes B, ist die Ursache für die bisher vorkommende Unmöglichkeit, physikalische Gesetze in einer Form zu schreiben, die unabhängig ist vom Betrag der Einheiten. Hinzu kommt noch, daß rational und nichtrational definierte Größen bisher in der Bezeichnung meist nicht unterschieden werden.

Bei Vermeidung von Begriffsmischungen nehmen die physikalischen Gleichungen eine Gestalt an, die *invariant* ist *gegenüber* der *Wahl* der Einheiten.

Physikalisches Institut der Universität Erlangen.

Eingegangen am 8. September 1953.

†) Die Frequenz des technischen Wechselstroms in Europa beträgt $\nu = 50$ sec^{-1}. Seine Kreisfrequenz ist $\omega = 314$ sec^{-1}, nicht etwa 50 nichtrationale Frequenzeinheiten.

[1]) $h = 6{,}625 \cdot 10^{-34}$ Joule sec $= 6{,}625 \cdot 10^{-27}$ erg sec; $\hbar = h/2\pi = 1{,}0543 \cdot 10^{-34}$ Joule sec $= 1{,}0543 \cdot 10^{-27}$ erg sec. (Hier darf das Gleichheitszeichen stehen!)

[2]) Damit wird im obigen Fall bei der Bestimmung des magnetischen Flusses $\mathfrak{K} = \Phi \cdot \mathfrak{H} = \Phi \cdot \tilde{\mathfrak{H}}/4\pi$. Im CGS-System wird dann gesetzt $\tilde{\mathfrak{H}} = \mathfrak{B}$, d.h. $\tilde{\mu}_0 = 1$. Da außerdem neben dem magnetischen Fluß Φ auch $\Phi/4\pi = \tilde{p}$, der nicht rationale Fluß („Polstärke") benutzt wird, entsteht $\mathfrak{K} = \tilde{p} \cdot \tilde{\mathfrak{H}}$.

[3]) FLEISCHMANN, R., u. R. KOLLATH: Z. Physik **134**, 526 (1953).

[4]) Beispiel: Die Größengleichung $\mathfrak{K} = \dfrac{I\,d\mathfrak{s}}{\gamma} \times \mathfrak{B}$ für die Kraft auf einen stromdurchflossenen Draht (Stromstärke I, Länge $d\mathfrak{s}$) in einem Magnetfeld der Induktion $\mathfrak{B}$ *ist systeminvariant*, im Unterschied zu den in Fußnote 1, S. 131 angegebenen Gleichungen. Wenn man z.B. einsetzt $I = 1$ A, $d\mathfrak{s} = 0{,}1$ m, $\gamma = 1$ Wb/Vs, $\mathfrak{B} = 0{,}1$ Wb/m^2, dann ergibt sich $\mathfrak{K} = 0{,}01$ N. Wenn man die entsprechenden Werte des CGS-G-Systems verwendet $I = 3 \cdot 10^9$ cm$^{\frac{3}{2}}$ g$^{\frac{1}{2}}$ sec^{-2}, $d\mathfrak{s} = 10$ cm, $\gamma = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, $\mathfrak{B} = 1000$ cm$^{-\frac{1}{2}}$ g$^{\frac{1}{2}}$ sec^{-1} (d.h. 1000 Gauß), so ergibt sich $\mathfrak{K} = 1000$ cm g sec^{-2} (d.h. 1000 dyn), was in der Tat das gleiche ist, wie 0,01 N.

[5]) Ferner die daraus folgenden Größenarten, insbesondere Magnetisierung $\mathfrak{M}$ durch $4\pi\tilde{\mathfrak{M}}$. Die elektrische Polarisation $\mathfrak{P}$ bleibt dagegen unverändert.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

On the derivation of FRIEDMANN's equations for a new cosmological Model. II.

The nature of the rate of change of the radius of the universe, with respect to time (dR/dt) can be deduced from the equations which we have established at the and of the first part of our note[1]). As

$$\nu = -2R^2[\log\cos\Theta + \sin\Theta\log\tan(\pi/4 + \Theta/2) - \tfrac{1}{2}\sin^2\Theta] + C$$
$$= f(r) + C.$$

We shall find a dependence of dR/dt on r, the coordinate distance. This fact brings in a certain difficulty in giving a physical interpretation of our results. If the observer shifts the origin of his coordinate system, he obtains a different value of dR/dt at any definite point. As such, the objective significance of the quantity (dR/dt) becomes hazy, but we may perhaps profitably consider the above value for $r=0$, namely at the origin. Each observer will thus have the same value of dR/dt at the origin. [The relation $dR/dt = f(r)$ may be considered as an inhomogenity of our universe. It has already been shown in a preceding note[2]) that an unstable, charged EINSTEIN universe, when expanding, becomes inhomogeneous.]

Instead of the usual equations we now have

$$G_{11} - \tfrac{1}{2}g_{11}G = -8\pi k T_{11} = -8\pi k E_{11}$$
$$G_{44} - \tfrac{1}{2}g_{44}G = -8\pi k E_{44},$$

where E_{11} can be found out from the equation $E_1^1 = \alpha r^2$ as established in a preceding note[3]).

We will consider the two cases $\lambda = 0$ and $\lambda \neq 0$ and investigate the corresponding values of dR/dt. At

$$r = 0, \quad \text{we have} \quad E_1^1 = \alpha r^2 = 0, \quad E_{11} = 0, \quad e^\nu = 1.$$

$$G_{11} - \tfrac{1}{2}g_{11}G = 0$$

and from this

$$2(\dot{R})^2 + 4R\ddot{R} + 3\dot{R} - 2 = 0.$$

At

$$\dot{R} = 0, \qquad \ddot{R} = 1/2R \tag{1}$$

for

$$\lambda \neq 0, \qquad \ddot{R} = 1/2R \pm \lambda R^2. \tag{2}$$

Let us now compare these values with those of an uncharged FRIEDMANN's universe.

The general equation has been given by TOLMAN[4]).

$$dR/dt \pm (\lambda R^2/3 - 1 + \beta/R^2 + \alpha/3R)^{\frac{1}{2}}.$$

Putting $\beta = 0$, we obtain the original case investigated by FRIEDMANN. For $\lambda = 0$ there is

$$dR/dt = \pm(\alpha/3R - 1)^{\frac{1}{2}}.$$

We obtain from this equation a cycloid in the (R, t) plane, given by

$$R = (\alpha/6)(1 - \cos\psi); \qquad t = (\alpha/6)(\psi - \sin\psi).$$

The radius of the universe oscillates between $R = 0$ and $R = \alpha/3$.

$$d^2R/dt^2 = \alpha/6R^2. \tag{1'}$$

Again, for $\lambda \neq 0$:

$$dR/dt = \pm(\lambda R^2/3 - 1 + \alpha/3R)^{\frac{1}{2}},$$
$$d^2R/dt^2 = \lambda R/3 - \alpha/6R^2. \tag{2'}$$

Khaira Laboratory of Physics, University College of Science, 92, Upper Circular Road, Calcutta.

R. L. BRAHMACHARY.

Eingegangen am 30. Januar 1954.

[1]) BRAHMACHARY, R. L.: Naturwiss. **41**, 82 (1954).
[2]) BRAHMACHARY, R. L.: Naturwiss. **40**, 456 (1953).
[3]) BRAHMACHARY, R. L.: Naturwiss. **40**, 313 (1953).
[4]) TOLMAN, R. C.: Relativity, Thermodynamics and Cosmology, p. 408. 1934.

Innere Schwingungen und Mikrowellen in Transistoren.

Röhren mit Stromverteilungssteuerung, z. B. die aperiodisch wirkende Bremsfeldröhre, sind duale Gegenstücke der gewöhnlichen Vakuumröhren mit Raumladungssteuerung und stellen ideale Vorbilder für Transistoren dar[1]). Logischer Weise ist zu erwarten, daß sich die Analogie bis ins Laufzeitgebiet erstreckt, in welchem die Schwingungen von den Laufzeiten der maßgeblichen Ladungsträger, im Röhrenfall der Elektronen im Vakuum, beim Transistor der Überschuß- oder Mangelelektronen im Halbleitermaterial, beherrscht werden. Das hervorragendste Merkmal der Elektronenbewegung in einer Röhre sind die BARKHAUSENschen Elektronenpendelungen, deren Eigenfrequenz durch die BARKHAUSEN-Relation $\lambda^2 V_g = \text{const}$ bzw. $f_0^2/V_g = \text{const}$ bestimmt wird, wenn V_g das positive Gitterpotential bedeutet.

Aus naheliegenden Gründen sind freie Schwingungen der Ladungsträger in einem Halbleiter kaum zu erwarten. Indessen bedingt der Mechanismus der eigentümlichen Verteilungssteuerung im Halbleiter einen ähnlichen Effekt wie in einer Bremsfeldröhre, indem nämlich hochwertige Transistoren ohne jedes äußere Resonanzsystem zur Selbsterregung kommen und „innere Schwingungen" erzeugen. Während in der Bremsfeldröhre die „tanzenden" Elektronen selbst das oszillierende Resonanzsystem bilden, enthalten Transistoren sozusagen einen virtuellen Resonanzkreis, dessen effektive Kapazität von den „kalten" Elektroden- und Zuleitungskapazitäten gebildet wird, während die erforderliche Induktivität als duales Gegenstück zur Kollektor-Sperrschichtkapazität erscheint. Ist außerdem der zugehörige Transistorwiderstand negativ, dann wird der aus den kalten Kapazitäten und der induzierten Induktivität bestehende Resonanzkreis angefacht, und der Transistor schwingt ebenso wie die BARKHAUSENsche Bremsfeldröhre ohne die Mitwirkung äußerer Schaltelemente und Kreise.

Die duale Verwandtschaft zwischen den inneren Transistorschwingungen und den BARKHAUSENschen Elektronenpendelungen kommt in der Formel $f_0^2/I_c = \text{const}$ zum Ausdruck, die sich von der BARKHAUSEN-Formel nur dadurch unterscheidet, daß der Kollektorstrom I_c statt der Gitterspannung V_g die Eigenfrequenz der inneren Transistorschwingungen bedingt.

Die heute verfügbaren Spitzentransistoren mit genügend hoher Stromverstärkung und hoher α-Grenzfrequenz liefern Eigenfrequenzen bis in die Nähe von 100 MHz. Ihre Oberwellen reichen bis ins Mikrowellengebiet und vermögen entsprechende Hohlraumresonatoren anzufachen. Auf diese Weise wird das Gebiet der Mikrowellen dem Transistor erschlossen.

Oxnard, Kalifornien, USA.

H. E. HOLLMANN.

Eingegangen am 22. Februar 1954.

[1]) HOLLMANN, H. E.: A. E. Ü. **7**, 585 (1953).

Ionisation durch starke elektrische Felder.

Die Elektronenemission von Metallen unter der Einwirkung starker elektrischer Felder läßt sich am besten nach der von E. W. MÜLLER entwickelten Methode an einzelnen feinen Kristallspitzen beobachten und untersuchen. Die bisher nach dieser Methode erhaltenen Beobachtungs- und Messungsergebnisse[1]) sind ausschließlich vom Standpunkt der wellenmechanischen Theorie der „Feldelektronenemission" metallischer Leiter diskutiert worden, die von HOUSTON, RICHARDSON und insbesondere von NORDHEIM und FOWLER[2]) entwickelt wurde und die nach E. W. MÜLLER[1]) durch zahlreiche Messungen von ihm und anderen Autoren durch das Experiment bestätigt worden ist. Nach dieser Theorie beruht die Feldelektronenemission darauf, daß die vom Metallinneren aus mit der FERMI-Grenzenergie gegen die Oberfläche anlaufenden Elektronen mit rasch zunehmender Häufigkeit den abschließenden Potentialwall an der Metalloberfläche überschreiten, bzw. im „Tunneleffekt" passieren können, wenn der Wall durch das äußere elektrische Feld genügend weit erniedrigt bzw. verschmälert worden ist. Der Höhe des ungestörten Potentialwalles entspricht dabei die glühelektrische Austrittsarbeit der betreffenden Metalloberfläche.

Wir haben nun seit einiger Zeit die Adsorption von Gasen an Metalloberflächen mit Hilfe der Elektronenemission in starken elektrischen Feldern studiert. Die dabei auftretenden Erscheinungen sind sehr mannigfaltig — als Beispiel ist in der Fig. 1 ein charakteristisches Emissionsbild einer gasbeladenen Wolframspitze wiedergegeben[3]) —, und zur Deutung aller Einzelheiten sind noch weitere Untersuchungen notwendig; aber schon unsere bisherigen Beobachtungen lassen

Fig. 1.
Elektronenemission aus einer gasbeladenen Wolframkristallspitze.

doch keinen Zweifel darüber, daß es sich hier nicht um eine bloße Änderung der glühelektrischen Austrittsarbeit und den dadurch erschwerten oder erleichterten Austritt von metallischen Leitungselektronen handelt, sondern um eine „spontane Ionisation" von adsorbierten Atomen oder Molekeln durch das angelegte elektrische Feld. Durch das äußere Feld wird nämlich nicht nur der Potentialwall heruntergebogen, der das Metallinnere nach außen bzw. gegen die adsorbierte Gasschicht abschließt, sondern auch der Potentialwall, den die

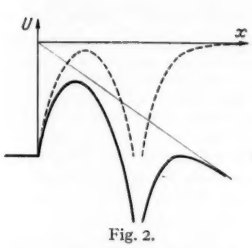


Fig. 2.

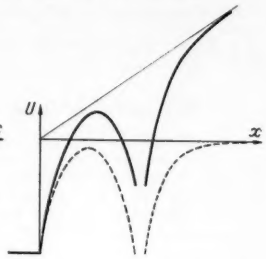


Fig. 3.

Fig. 2. Schematische Darstellung des Potentialverlaufs an einer gasbeladenen Metalloberfläche, die gegen die Umgebung auf ein hohes negatives Potential aufgeladen ist.

Fig. 3. Potentialverlauf an einer gasbeladenen Metalloberfläche, die gegen die Umgebung positiv aufgeladen ist. Zu Fig. 2 u. 3: Die gestrichelten Kurven geben den ungestörten Potentialverlauf an. U Potential; x senkrechter Abstand von der Metalloberfläche.

Elektronenhülle um die adsorbierten und daher nur sehr locker gebundenen Gasatome und -molekeln selbst bildet (Fig. 2). Bei zunehmender Stärke des elektrischen Feldes wird dann auch hier mit rasch wachsender Häufigkeit der Fall eintreten, daß ein Elektron die heruntergebogene Seite des Potentialwalls überschreiten bzw. im Tunneleffekt passieren und somit dem Atom entzogen werden kann; man kann diese Art von Ionisation daher auch als eine, durch das äußere elektrische Feld induzierte β-Radioaktivität der Atomhülle auffassen. Daß eine solche spontane Ionisation der adsorbierten Teilchen durch das angelegte elektrische Feld hier tatsächlich eine entscheidende Rolle spielt, schließen wir aus der folgenden Beobachtung, die wir an gasbeladenen Wolframspitzen gemacht haben: Wenn man an eine gasbeladene Spitze eine positive Spannung legt und diese langsam steigert, während man vor jeder Spannungssteigerung das Elektronenemissionsbild bei negativer Spitzenspannung kontrolliert, dann tritt eine charakteristische Veränderung des Emissionsbildes bei der gleichen oder nur sehr wenig höheren positiven Spitzenspannung ein, bei der bei negativer Spitze das Emissionsbild gerade sichtbar wird. Diese charakteristische Veränderung läßt sich nicht durch Anlegen einer negativen Spitzenspannung rückgängig machen; beobachtet man dagegen von Anfang nur mit negativer Spitzenspannung, dann tritt keinerlei Änderung des Emissionsbildes ein.

Bei positiver Spitzenspannung verursacht das elektrische Feld (vgl. Fig. 3) offenbar eine spontane Elektronenemission aus der adsorbierten Gasschicht in das Metallinnere; als Folge davon kann das positiv geladene Restatom in eine festere Bindung an die Metalloberfläche eintreten, die auch durch negative Spitzenspannung nicht mehr rückgängig gemacht werden kann. Liegt dagegen von vornherein nur negative Spannung an der Spitze, dann führt das elektrische Feld offenbar zu einer spontanen Elektronenemission aus der adsorbierten Gasschicht in das Vakuum, wobei durch rasche Nachlieferung von Metallelektronen für den Weiterbestand einer „stationären" Emission gesorgt wird; oder es treten Metallelektronen in die adsorbierte Gasschicht ein, und das elektrische Feld sorgt auch hier durch spontane Emission in das Vakuum für den Weiterbestand der stationären Emission (vgl. Fig. 2).

Eine quantenmechanische Abschätzung der Häufigkeit der spontanen Ionisation von normalen Wasserstoffatomen durch elektrische Felder ist zuerst von I. R. Oppenheimer[4]) gegeben worden. Eingehendere wellenmechanische Berechnungen sind dann für die spontane Ionisation von angeregten Wasserstoffatomen von C. Lanczos[4]) durchgeführt worden, dem es auf diese Weise gelungen ist, das von Rausch v. Traubenberg und seinen Mitarbeitern beobachtete Verschwinden der Stark-Effektkomponenten in starken elektrischen Feldern in befriedigender Weise zu erklären. Beide Autoren sind zu Endformeln gelangt, nach denen die Häufigkeit der spontanen Ionisation — in qualitativer Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund — sehr rasch mit der Feldstärke ansteigt, wenn sich die potentielle Energie des Feldes, bezogen auf atomare Abmessungen, in ihrer Größenordnung der Ionisierungsenergie nähert; ein quantitativer Vergleich der theoretischen Ergebnisse mit dem experimentellen Befund kann aber erst auf Grund von weiteren Untersuchungen durchgeführt werden, die noch nicht abgeschlossen sind.

Physikalisches Institut I der Universität Köln.

F. Kirchner.

Eingegangen am 14. Januar 1954.

[1]) Zusammenfass. Ber. von E. W. Müller in Erg. exakt. Naturwiss. **27**, 290—360 (1953).

[2]) Houston, W. V.: Z. Physik **47**, 33 (1928). — Richardson, O. W.: Proc. Roy. Soc. [London] A **117**, 719 (1928). — Fowler, R. H., u. L. W. Nordheim: Proc. Roy. Soc. [London] A **119**, 173 (1928). — Nordheim, L. W.: Proc. Roy. Soc. [London] A **121**, 626 (1928).

[3]) Vgl. hierzu auch die Abbildungen in der Z. angew. Phys. **5**, 281 (1953).

[4]) Oppenheimer, J. R.: Physic. Rev. **31**, 67 (1928). — Lanczos, C.: Z. Physik **62**, 518 (1930); **65**, 431 (1930); **68**, 204 (1931).

Rotationsanalyse des blauen Bandensystems des Columbiumoxyds.

1950 veröffentliche R. Rao[1]) eine Vibrationsanalyse des blauen Bandenspektrums des Columbiumoxyds. Er teilte die Banden in drei Systeme, A, B und C, ein. System A liegt in dem blauen Gebiet und hat eine einfachere Struktur als die Systeme B und C. S. Rao[2]) publizierte eine Rotationsanalyse dieses Systems. Da die hier angegebenen B-Werte jedoch für eine so schwere Molekel zu hoch erscheinen, ist jetzt eine neue Rotationsanalyse durchgeführt worden, welche vollständig andere Werte ergeben hat. Zwei R- und P-Zweige sind in jeder Bande festgestellt worden. Das System stellt einen $^2\Delta$—$^2\Delta$-Übergang in Analogie mit dem Vanadiumoxyd dar. Die Banden (0,0), (1,0), (2,1), (0,1), (1,2), (2,0) und (3,1) sind analysiert worden.

Die vorläufigen Werte der Konstanten sind folgende

$$(x)^2\Delta \begin{cases} B''_v = 0{,}4323 - 0{,}0024\,(v'' + \frac{1}{2}) \\ D''_v = [2{,}6 - 0{,}4\,(v'' + \frac{1}{2})] \cdot 10^{-7} \end{cases}$$

$$A\,^2\Delta \begin{cases} B'_v = 0{,}4003 - 0{,}0020\,(v' + \frac{1}{2}) \\ D'_v = [3{,}0 - 0{,}2\,(v' + \frac{1}{2}) \cdot 10^{-7}. \end{cases}$$

Eine ausführlichere Arbeit wird im „Arkiv för Fysik" veröffentlicht werden.

Physikalisches Institut der Universität Stockholm.

ULLA UHLER.

Eingegangen am 6. Februar 1954.

[1]) RAO, R.: Indian J. Phys. **24**, 35 (1950).
[2]) RAO, S.: Nature [London] **170**, 670 (1952).

Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Morphologie von Halloysit.

Mit Hilfe einer neuen Präparationsmethode haben wir versucht, auf die bisher nicht sicher nachgewiesene röhrchenförmige Ausbildungsform des Tonminerals Halloysit[1]) neue

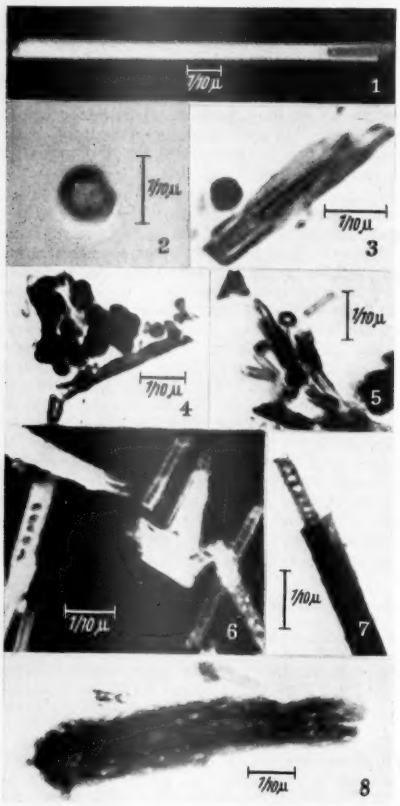


Fig. 1—8. Halloysit aus Elbingerode (1, 2), Eureka (3, 4, 5, 8) und Bahr (6, 7).

Hinweise zu erhalten. Zum Nachweis mußten dabei die Kristalle senkrecht auf der Blende des Elektronenmikroskopes aufgerichtet werden. Am günstigsten erwies sich die Anwendung eines elektrischen Feldes (Spannung bis etwa 80 kV) während des Eintrocknens einer Halloysitsuspension in Wasser, Aceton, Alkohol und Äther. Die Objektträgerblende, versehen mit einem Tropfen der Suspension, wurde zwischen die Platten eines Kondensators gebracht, welcher durch einen Kleinst-VAN DE GRAAF-Spannungserzeuger aufgeladen wurde. Zum Schutz der Blende vor Verschmutzung durch Absprühen von Material der oberen Kondensatorplatte wurde eine Glasplatte dazwischen gebracht. Das elektrische Feld setzt die Oberflächenspannung herab und läßt gleichzeitig die Suspension in Feldrichtung sprühen. So war es auch möglich, Halloysitkristalle auf einer Objektträgerblende aufzusprühen, welche über dem Tropfen hängend angebracht war. Wirksam waren dabei in erster Linie Strömungskräfte.

Stereoskopische Aufnahmen zeigten, daß die Kriställchen fast alle unter verschiedenen Winkeln in den Raum standen; fast auf jeder Aufnahme fanden sich senkrecht stehende Teilchen.

Je nach Fundort traten verschiedene Ausbildungsformen auf. Fig. 1 und 2 zeigen röhrchenförmige Halloysitkristalle. Von dem liegenden Kristall in Fig. 1 ist ein Teil der Wandung abgeplatzt; die etwas aufgebogenen Ränder lassen sich an der schwächeren Durchstrahlbarkeit erkennen. Fig. 2 zeigt eine etwas unterfokusierte Aufnahme eines senkrecht stehenden Röhrchens. Der FRESNELsche Beugungssaum verläuft rings um das Teilchen, die Aufhellung in der Mitte beruht also nicht auf einem Beugungseffekt.

Fig. 3, 4, 5 zeigen Übergänge von Röhrchen (Fig. 4 und 5) zu Stäbchen (Fig. 3 und 4). Sowohl stereoskopische Beobachtungen als auch die sehr geringe Durchstrahlbarkeit der runden Teilchen (Fig. 3) sprechen dafür, daß es sich zum Teil um voll ausgefüllte Stäbchen handelt.

Fig. 6 und 7 zeigen wiederum andere Ausbildungsformen. Bei Elektronenbestrahlung (5 bis 10 μA) verdampft in kurzer Zeit ein Teil der Oberfläche gleichmäßig. Dabei wird eine Wabenstruktur freigelegt, die auffallend regelmäßig ausgebildet ist. Die Annahme, daß es sich dabei tatsächlich um ein Strukturelement handelt, ist dadurch gerechtfertigt, daß die Ränder nicht beschädigt und außerdem die Waben ohne Querversetzung in einer Reihe angeordnet sind. Bei bloßer Strahlschädigung müßten in gleicher Weise auch aus den Rändern Teile verdampfen, und die Verteilung der Löcher über den Kristall müßte völlig regellos sein. Auch dies haben wir tatsächlich beobachtet (Fig. 8).

Es wird häufig angenommen, daß Halloysit bei Entwässerung aufblättert. Ein röhrchenförmiger Halloysit wurde zwei Tage auf 220° erhitzt. Ein Aufblättern der Teilchen ließ sich nicht feststellen.

Die Aufnahmen wurden mit einem Siemens-Übermikroskop ausgeführt, welches die Deutsche Forschungsgemeinschaft der Technischen Hochschule Karlsruhe zur Verfügung gestellt hat. Der Arbeitsgemeinschaft für Elektronenoptik danken wir für Zuwendungen aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft.

Geologisch-Mineralogisches Institut und Laboratorium für Elektronenmikroskopie der Technischen Hochschule Karlsruhe.

WALTER BEHNE und WALTER MÜLLER.

Eingegangen am 21. Januar 1954.

[1]) BATES, TH. F., F. A. HILDEBRAND u. A. SWINFORD: Amer. Mineralogist **35**, 463 (1950).

The Length of the Periods in the Periodic System.

According to PAULI's principle the maximal number of electrons which can be placed upon the n-th shell is $2n^2$. Based on the principle of the energy minimum, however, the sequence of the filling up of the orbitals is different from that derived from the quantum numbers. Hence the number of the filling up electrons — i.e. the length of the periods — cannot be represented by the simple formula of PAULI. The problem is mathematically: the representation of the n-th number of the series

$$\left.\begin{array}{l} L_n\colon (2),\ 2,\ 8,\ 8,\ 18,\ 18,\ 32,\ 32,\ \ldots \\ n\colon (0),\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7,\ \ldots \end{array}\right\} \tag{1}$$

as a function of n. For this TOMKEIEFF[1]) has proposed a formula, but to describe this is also possible by many other formulas. The following equation must be hold

$$L_{2k} = L_{2k+1} \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots). \tag{2}$$

This guarantees the repeating of each term. All conditions are fulfilled by the following formula

$$L_n = 2\left[\frac{n}{2} + 1\right]^2, \tag{3}$$

where $\left[\frac{n}{2} + 1\right]$ is the largest integer contained in $\frac{n}{2} + 1$. In the case $n = 0$ (3) gives $L_0 = 0$ which has naturally no physical meaning.

The suggested formula is analogue to the formula $2n^2$ of PAULI and represents properly the empirical data.

Institute for Inorganic and Analytical Chemistry, University of Szeged, Szeged (Hungary).

F. TÜDÖS.

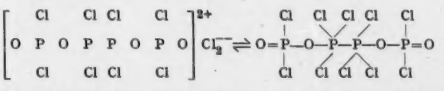
Eingegangen am 24. Februar 1954.

[1]) TOMKEIEFF, M. V.: Nature [London] **167**, 954 (1951).

Tetraphosphoryl-dekachlorid $P_4O_4Cl_{10}$.

Bei der sorgfältigen Fraktionierung des Reaktionsproduktes aus PCl_3 und N_2O_4, das nach GEUTHER und MICHAELIS[1]) unter anderem Pyrophosphorylchlorid $P_2O_3Cl_4$ enthält, erhielt der eine von uns (O. KOCH)[2]) eine flüssige Fraktion zwischen 100 und 115° C (1 Torr), die nach einigen Tagen bei zufälliger Berührung der Gefäßwand mit einem Glasstab fast vollständig kristallisierte. Das gereinigte Produkt (Ausbeute aus 500 g PCl_3 etwa 30 g) vom Fp. 37° C und Kp. 106° C (1 Torr) hat die analytisch ermittelte Zusammensetzung $P_2O_2Cl_5$. Die Molekulargewichtsbestimmung in Camphen nach PIRSCH[3]) liefert die Werte 535 und 589, während sich für $P_4O_4Cl_{10}$ der Wert 542,5 errechnet. Der Stoff ist sehr hygroskopisch, reagiert mit Wasser heftig unter Hydrolyse und löst sich in allen geläufigen organischen Lösungsmitteln, ebenso in $POCl_3$ und $SOCl_2$. Tetraphosphoryldekachlorid enthält den Phosphor in den Oxydationsstufen 4 und 5, d.h., es liefert bei der Hydrolyse Monophosphat und Hypodiphosphat neben Chlorid. Der qualitative Nachweis der Phosphate geschieht nach KLEMENT und FRIESER[4]) papierelektrophoretisch[5]). Die manganometrische Bestimmung des Hypodiphosphates ergibt 11,37% P^{4+} (ber. 11,42%). Zwei Chloratome haben eine andere, offenbar salzartige Funktion gegenüber den übrigen acht Chloratomen. Dies äußert sich in der leichten Bildung eines Hexachlorozinn-Salzes aus dem neuen Stoff und $SnCl_4$ in CCl_4-Lösung. Hierbei entsteht $[P_4O_4Cl_8][SnCl_6]$.

Der neuen Verbindung wird die Formel



erteilt, für die folgender Bildungsmechanismus spricht. In erster Phase bildet sich aus PCl_3 und N_2O_4 zweifellos $POCl_3$ (Hauptprodukt), denn dieses liefert unter den Bedingungen der Reaktion dieselben Stoffe. $POCl_3$ bildet unter dem Einfluß von $NO_2\cdot$, das stark radikalbildend ist, das Radikal $POCl_2\cdot$. Dieses kann sich auf zweierlei Art weiterverändern, nämlich entweder zum $P_2O_3Cl_4$ oder zum $P_4O_4Cl_{10}$. Im letzteren Falle bildet das $POCl_2\cdot$-Radikal mit $POCl_3$ das neue Radikal $P_2O_2Cl_5\cdot$, das sich durch Dimerisation zum $P_4O_4Cl_{10}$ stabilisiert. Die Gleichungen deuten die Radikale an, ohne auf die Elektronenverteilung Rücksicht zu nehmen.

$$POCl_3 + NO_2\cdot \rightarrow \{POCl_3NO_2\cdot\} \rightarrow POCl_2\cdot + NO_2Cl$$

$$POCl_3 + POCl_2\cdot \rightarrow P_2O_2Cl_5\cdot \xrightarrow{\text{Dimerisation}} P_4O_4Cl_{10}$$

Ein sicheres Zeichen für das Auftreten von Radikalen sind typische Polymerisationsprodukte, die durch Stickstoffoxyde stabilisiert sind, und die nur über Radikale entstehen können. Darüber wird später berichtet werden, ebenso über noch im Gang befindliche Versuche mit $P_4O_4Cl_{10}$.

Regensburg, Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Philosophisch-Theologischen Hochschule.

ROBERT KLEMENT, OTTO KOCH und KARL H. WOLF.

Eingegangen am 17. Februar 1954.

[1]) GEUTHER, A., u. A. MICHAELIS: Ber. dtsch. chem. Ges. **4**, 766 (1871).
[2]) KOCH, O.: Diss. Univ. München 1953.
[3]) PIRSCH, J.: Ber. dtsch. chem. Ges. **65**, 862, 865 (1932).
[4]) KLEMENT, R., u. H. FRIESER: Angew. Chem. **66**, 138 (1954).
[5]) Herrn H. FRIESER danken wir für die Ausführung der Elektrophorese.

Zur Papierchromatographie der Oestrogene.

Die natürlichen und künstlichen Oestrogene können wegen ihrer geringen Wasserlöslichkeit nicht in der gewöhnlichen Weise mit Wasser als stationärer Phase auf dem Papier chromatographiert werden. Man versucht, diese Schwierigkeit zu umgehen, indem man die natürlichen Oestrogene mit GIRARDS Reagens T[1]) oder mit diazotiertem p-Nitrobenzol-azodimethoxyanilin[2]) in wasserlösliche Komplexe überführt oder ihre Eigenschaft, sich in Laugen zu lösen, ausnutzt[3]),[4]). Diese Methoden lassen sich jedoch nicht auf die Ester und Äther der Oestrogene anwenden, welche in Wasser gleichfalls praktisch unlöslich sind. In dieser Form aber werden die Oestrogene hauptsächlich therapeutisch angewandt.

Wir haben deshalb versucht, die Vertreter dieser Verbindungsklasse durch Papierchromatographie mit umgekehrten Phasen (reversed phase) zu trennen und sind dabei zum Ziel gekommen, indem wir mit Silicon behandeltes Papier verwandten, wie es von KRITCHEVSKY und TISELIUS[5]) schon zur Papierchromatographie männlicher Keimdrüsenhormone angewandt worden ist.

Durch Tränken des Papiers (Schleicher & Schüll 2043b) mit einer 5%igen Silicon-Lösung[6]) in Cyclohexan und anschließendem Trocknen (1 Std bei 110° C) wird es hydrophob und adsorbiert organische Lösungsmittel. Als Entwicklungsphase diente die untere Schicht eines Gemisches von 20 Teilen Wasser und 70 Teilen Methanol mit 30 Teilen Benzol und 60 Teilen Petroleumbenzin (Benzinum petrolei DAB VI, 50 bis 70° C). Die obere Schicht wurde zur Sättigung der Chromatographiekammer benutzt und wird als stationäre Phase vom Papier festgehalten. Nach dem Sättigen über Nacht wurde absteigend bei Zimmertemperatur chromatographiert. Wenn die Entwicklungsfront einen Abstand von 30 bis 40 cm vom Startpunkt erreicht hatte, wurden die Streifen bei 100 bis 110° C getrocknet. Die Oestrogene wurden sodann durch Besprühen mit einer 5%igen Lösung von Antimonpentachlorid in Chloroform und 5 min langem Erwärmen bei 90° C angefärbt. Die Anfärbung gelingt auch mit einer 10%igen Lösung von Phosphormolybdänsäure in abs. Äthanol und anschließendem Erwärmen (1 min bei 110° C). Wir geben aber der Anfärbung mit Antimonpentachlorid den Vorzug, da die Farbtöne, welche die Oestrogene hierbei liefern, voneinander stärker verschieden sind.

Die Tabelle 1 gibt die Farbtöne der chromatographierten Verbindungen sowie deren R_f-Werte an. Die Schwankungen der R_f-Werte, die bekanntlich durch verschiedene Faktoren beeinflußt werden[7]),[8]), betrugen $\pm 5\%$. Aufgetragene Mengen 10 bis 30 y.

Tabelle 1.

Oestrogenverbindung	Farbe	R_f-Wert
Oestron-acetat	braun	0,72
Oestradiol-diacetat	gelb	0,42
Oestradiol-dipropionat	gelb	0,2
Oestradiol-benzoat	orange	0,68
DSB-diacetat *)	braunviolett	0,51
DSB-dipropionat *)	braunviolett	0,3
DSB-dimethyläther *)	violett	0,14
Dienoestrol-diacetat	graubraun	0,56

*) DSB = Diäthylstilboestrol.

Die unveränderten Oestrogene (Oestron, Oestradiol, Diäthylstilboestrol, Dienoestrol) wandern bei dieser Methodik mit der Entwicklungsfront und können nach Behandlung mit Essigsäureanhydrid[9]) als Acetate getrennt werden.

Pharmakologisches Institut der Universität Greifswald.

FRITZ MARKWARDT.

Eingegangen am 1. März 1954.

[1]) ZAFFRONI, A., R. B. BURTON u. E. H. KEUTMANN: J. of Biol. Chem. **177**, 109 (1949).
[2]) HEFTMANN, E.: Science [Lancaster, Pa.] **111**, 571 (1950).
[3]) HEUSGHEN, C.: Nature [London] **171**, 42 (1953).
[4]) SWYER, G. J. M., u. H. BRAUNSBERG: J. of Endocrin. **7**, IX (1950/51).
[5]) KRITCHEVSKY, T. H., u. A. TISELIUS: Science [Lancaster, Pa.] **114**, 299 (1951).
[6]) Wir verwandten „Aquatex 4040" der *Silikonchemie* Dresden.
[7]) CONSDEN, R., A. H. GORDON u. A. J. P. MARTIN: Biochemic. J. **38**, 244 (1944).
[8]) ZIMMERMANN, G.: Z. analyt. Chem. **138**, 321 (1953).
[9]) Vorschrift siehe bei TH. BRUGSCH, W. HOHLWEG, H. SEEL u. I. HAHN: Pharmazie **7**, 811 (1952); sowie: The British Pharmacopoeia 1948, Pharmacopée française, VII. Aufl. 1949, USP XIV, 1950.

Über das Vorkommen von Hydroxyphenylalkylaminen in den Samen und Keimen zweier Ginsterarten.

In einer ersten Mitteilung über die Hydroxyphenylalkylamine des Besenginsters haben einer von uns (CORREALE) und I. CORTESE[1]) durch papierchromatographische Untersuchungen festgestellt, daß in der ausgewachsenen Pflanze sechs Hydroxy- bzw. Dihydroxyphenylderivate vorkommen (Tyrosin, Tyramin, Dopa, Hydroxytyramin, N-Methyl-hydroxytyramin oder Epinin, eine weitere nicht identifizierte diphenolische Substanz). In neuester Zeit ist auch JAMINET[2]) beim Besenginster zu gleichen Schlüssen gekommen. Er hat jedoch Dopa und die unbekannte diphenolische Substanz vermißt.

Die vorliegende Mitteilung beschäftigt sich mit dem Vorkommen und dem Verhalten der Hydroxyphenylalkylamine in den Samen und Keimen von *Sarothamnus scoparius* und *Genista spartium*. In den Samen suchten wir nach den fettaromatischen Aminosäuren, aus welchen die Hydroxyphenylalkylamine der ausgewachsenen Pflanze herstammen könnten; in den Keimen versuchten wir, in Ansicht der besonderen Lebendigkeit des Metabolismus in diesen jüngeren Geweben[3]), die Zwischenstufen des Stoffwechsels der Phenol- und Catecholabkömmlinge zu erfassen. Für die Methodik verweisen wir auf die erste Mitteilung[1]). Ein Teil der Keime von der durchschnittlichen Länge von 2,5 cm (Keime I) wurde 10 Tage nach der Aussaat auf Sandboden geerntet. Nachdem die übrigen Keime auf Gartenerde verpflanzt worden waren, wurde nach 3 Wochen eine zweite Ernte (Keime II, durchschnittlich 5 cm lang) vorgenommen[4, 5]). Die Resultate des papierchromatographischen Studiums der Acetonextrakte dieser Materialen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt, aus welcher man folgende Schlußfolgerungen ziehen kann:

Tabelle 1.

	Sarothamnus scoparius			*Genista spartium*	
	Samen	Keime I	Keime II	Samen	Keime I
Tyrosin	—	+	—	—	—
Tyramin	(Spuren)	+++	+	(Spuren)	(Spuren)
3. Monophenolische Substanz	—	—	—	+++	+++
Dopa	(Spuren)	(Spuren)	—	—	—
Epinin	—	++	(Spuren)	—	—
Hydroxytyramin	—	++	+	—	—
4. Diphenolische Substanz. . .	—	++	(Spuren)	—	—

Sarothamnus scoparius. Die Samen enthalten nur Spuren von Tyramin und Dopa. Freies Tyrosin ist nicht vorhanden. Daß jedoch diese Aminosäure, die wir als Muttersubstanz aller in den Keimen und in der ausgewachsenen Pflanze nachweisbaren Hydroxyphenylalkylamine betrachten, mindestens in gebundener Form auch in den Samen vorkommt, ist durch die Resultate der sauren Hydrolyse der Samen bewiesen, nach welcher die chromatographische Analyse einen deutlichen Tyrosinfleck aufwies. Beim Keimen erscheinen bald alle uns in der reifen Pflanze schon bekannten Substanzen. Zu bemerken ist, daß Tyrosin hier auch in freier Form vorliegt. Im Vergleich zur ausgewachsenen Pflanze ist der Gesamtgehalt an Hydroxyphenylalkylaminen niedriger; die gegenseitigen Verhältnisse zwischen den verschiedenen Substanzen scheinen dagegen nicht wesentlich verändert zu sein. Wenn durch Verpflanzung in Gartenerde den Keimen eine kräftigere Entwicklung möglich gemacht wird, nimmt der Gehalt an Hydroxyphenylalkylaminen stark ab bis zum fast völligen Verschwinden. Da die in den Keimen vorkommenden Amine höchstwahrscheinlich von den in den Samen angehäuften Muttersubstanzen herstammen, ist es durchaus möglich, daß die bei der Verpflanzung auftretende Verminderung solcher Amine der momentanen Erschöpfung der Muttersubstanzen zuzuschreiben ist.

Genista spartium. Weder in den Samen noch in den Keimen dieser Ginsterart sind Catecholabkömmlinge zu treffen. Wir haben dagegen das Vorhandensein reichlicher Mengen einer neuen unbekannten Substanz von wahrscheinlich monophenolischer Natur (3. Monophenolische Substanz) festgestellt.

Pharmakologisches Institut der Universität Bari, Italien.

P. Correale und E. Cortese.

Eingegangen am 15. Februar 1954.

[1]) Correale, P., u. I. Cortese: Naturwiss. **40**, 57 (1953).
[2]) Jaminet, Fr.: J. Pharmac. Belgique **1**, 23 (1953).
[3]) Erspamer, V., u. G. Falconieri: Naturwiss. **39**, 431 (1952).
[4]) Werle, E., u. C. Raub: Biochem. Z. **318**, 538 (1948).
[5]) Guggenheim, M.: Die biogenen Amine. Basel-New York: S. Karger 1951.

Studies on changes in free amino acid composition of germinating *Phaseolus radiatus* by paper chromatography.

As the seed germinates and grows into a seedling, marked changes occur in the nature and disposition of the nitrogen compounds of the seed. Proteins from cotyledons are constantly broken down and amino acids formed are then believed to be transported to the growing embryonic regions where they are resynthesised to protein. The controlling factor responsible for the breakdown of protein is probably the diminution in free amino acid content of the seed (cotyledons) due to the metabolism of the growing seedling. A diminution of protein hydrolysis in endosperm of wheat seedling as a result of supplying soluble nitrogen has already been reported by Paech[1]). So, it is of some interest to investigate the changes in the free amino acid composition of growing seedlings in complete absence of any nitrogen source. Studies of this change in case of *Phaseolus radiatus* by circular paper chromatography[2]) have been reported in this communication.

2 grams of seed were allowed to germinate in 15 c.c. of glass distilled water in a petri dish covered with a glass funnel to prevent rapid evaporation of water. After definite period of germination, the germinated seedlings as a whole were macerated with hot water in glass mortar and then treated with absolute alcohol to separate the protein. From the alcohol-extract, the free amino acids were isolated according to the method of Awapara[3]) by treating the solution with chloroform. The aqueous layer at the top was then separated and made up to equal volume in each case. Extracts after different periods of germination were thus made ready for chromatography. Equal volumes (5 µl) of each extract were then applied to Whatman No. 1 filter paper (18,5 cm diameter); the chromatograms were developed according to the method of Giri and Rao[2]) using butanol: acetic acid: water (40:10:50) as solvent. The amino acids were identified in each case on separate chromatograms and the results are presented in Table 1. Results were also varified applying the technique of two-dimensional chromatography using the solvents (a) phenol:water and (b) benzyl alcohol:acetic acid:water (50:10:13)[4]). The amounts of the amino acids on the two-dimensional chromatogram were visually judged from the intensity of colour of the spots.

Table 1.
Free amino acids present in Phaseolus radiatus during germination.

Amino acid	Period of germination in hours					
	0	24	48	72	96	120
Aspartic acid . .	++	++	++	+++	+++	+++
Glutamic acid . .	++	++	++	+++	+++	+++
Serine	?	?	+	+	++	++
Glycine	++	+	—	—	—	—
Threonine. . . .	++	++	+++	+++	+++	+++
Lysine	+	++	++	++	++	++
Valine	?	?	+	+	++	++
Asparagine . . .	—	?	++	+++	+++	+++
Alanine	?	?	+	+	++	++
Leucines	—	—	+	+	++	++
Phenylalanine . .	—	—	—	+	+	++
Proline	—	—	—	—	++	++

+++ considerable amount, ++ moderate amount, + small amount, ? doubtful, — absent.

It is apparent from the Table 1 that only 5 amino acids were present in seed before germination. The number increased to 12 after 120 hours of germination. After 48 hours' germination, glycine, which was present before germination, completely disappears. Whereas, with its gradual disappearance, there is a simultaneous appearance of asparagine. This is in conformity with the observations made earlier by a number of workers[5–8]). The reasons for and mechanism of this asparagine accumulation has been discussed by Bonner[9]). Serine, valine, leucines appear after 48 hours' germination. Phenylalanine and proline appear after 72 and 96 hours' germination respectively. The rest of the amino acids originally present increase in concentration with the increase in period of germination.

A detailed investigation regarding the distribution of free amino acids in different portions of germinating seedlings and also during germination in different media are in progress.

Thanks are due to Dr. S. C. Roy of Department of Applied Chemistry, University of Calcutta, for his kind interest and

to Dr. D. P. BURMA of Bose Research Institute, Calcutta, for helpful suggestions.

Department of Applied Chemistry, University College of Science and Technology, 92, Upper Circular Road, Calcutta 9.
N. C. GANGULI.

Eingegangen am 2. März 1954.

[1]) PAECH, K.: Planta [Berl.] **24**, 78 (1935).
[2]) GIRI, K. V., and N. A. N. RAO: J. Indian Inst. Sci. **34**, 95 (1952).
[3]) AWAPARA, J.: Arch. of Biochem. a. Biophysics **19**, 172 (1948).
[4]) SEN, S. P., and D. P. BURMA: Trans. Bose Res. Inst. **19**, 17 (1952—1954).
[5]) SCHULZE, E.: In A. C. CHIBNALL: Protein metabolism in the plant. New Haven: Yale University Press 1939.
[6]) BORODIN, I.: Bot. Jber. **4**, 919 (1876).
[7]) PRIANISCHNIKOV, D.: Ber. dtsch. chem. Ges. **40**, 242 (1922).
[8]) PRIANISCHNIKOV, D., and P. SCHULOW: Ber. dtsch. Chem. Ges. **28**, 253 (1910).
[9]) BONNER, J.: Plant Biochemistry, S. 296. New York: Academic Press Inc. 1950.

Die Trennung des Oxyprolins und des Allo-Oxyprolins durch Papierchromatographie.

25 μg des Oxyprolins wurden in Wasser aufgenommen und auf das Filterpapier aufgetragen. Um die Aminosäure zum Cu-Komplex umzusetzen, besprüht man den Fleck mit Cu-Acetat, gesättigt in 5% wasserhaltigem Tetrahydrofuran, dem 1 cm³ Eisessig zugesetzt ist für je 100 cm³ [1]). Dann wird das Chromatogramm mit Phenol-Wasser-Eisessig (80:20:2) entwickelt und das Papier getrocknet. Sichtbarmachen des Fleckens erfolgt durch Besprühung mit Ninhydrinlösung und Erhitzung bei 90°. Flecken des Cu-Komplexes sind purpurrot; (aber Flecken der freien Oxyproline sind gelbbraun). Der R_F für den blauen Cu-Komplex des L-Oxyprolins ist 0,59. Der R_F für den veilchenblauen Cu-Komplex des Allo-Oxyprolins ist 0,75.

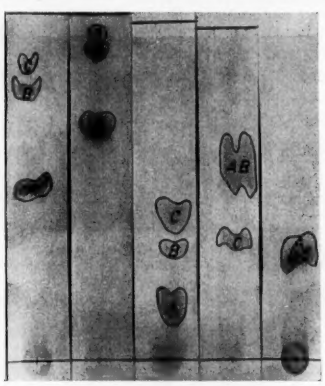
Department of Biochemistry, College of Medicine Howard University, Washington, D. C.
FELIX FRIEDBERG.

Eingegangen am 27. Februar 1954.

[1]) WIELAND, TH., K. SCHMEISER, E. FISCHER u. H. MAIER-LEIBNITZ: Naturwiss. **36**, 280 (1949).

Papierchromatographische Trennung von Harnmelanogenen.

Beim malignen Melanom mit visceralen Metastasen werden bestimmte Melaninvorstufen im Harn ausgeschieden[1]). Diese



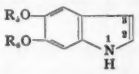
I *II* *III* *IV* *V*

Fig. 1. Papierchromatogramme der mit *A*, *B* und *C* bezeichneten Harnmelanogene in verschiedenen Lösungsmittelgemischen. *I* s-Collidin, wassergesättigt; *II* 70% α-Pikolin + 28% Wasser + 2% konzentriertes Ammoniak; *III* sek. Butanol, wassergesättigt; *IV* Phenol, wassergesättigt; *V* 70% Isopropylalkohol + 20% Eisessig + 10% Wasser. Papier Schleicher & Schüll 2043b. Zimmertemperatur.

Harnmelanogene ließen sich papierchromatographisch trennen. Der melanotische Harn wurde mit der ein- und zweidimensionalen aufsteigenden Technik in verschiedenen Lösungsmittelgemischen chromatographiert. Besprüht man die Chromatogramme nacheinander mit wäßrigen Lösungen von Nitroprussidnatrium, Natronlauge und Eisessig, so werden die farblosen Harnmelanogene als blaue Flecke sichtbar (THORMÄHLENsche Reaktion). Wie die Fig. 1 zeigt, konnten auf diese Weise drei verschiedene Chromogene abgetrennt werden, die mit A, B und C bezeichnet wurden.

Alle drei Verbindungen geben auf dem Papier weitere charakteristische Melanogenreaktionen. Mit EHRLICHs Reagens entsteht schon in der Kälte eine rote Färbung, die sich nach Behandlung mit Natriumnitrit vertieft. Beim Aufsprayen einer Ferrichloridlösung färben sich die Chromogene braun; sie melanisieren bei Anwendung von Säuren, während sie von Alkalien nicht angegriffen werden. In der angegebenen Weise reagieren nur die Harnmelanogene.

Es ist anzunehmen, daß 5,6-Dioxyindol ($R_{5,6}$ = H) die Vorstufe der Harnmelanogene ist[2]). Injiziert man diese Verbindung, die selbst keine typische THORMÄHLENsche Reaktion gibt und alkaliempfindlich ist, einem Kaninchen unter die Haut, dann scheidet das Tier nach wenigen Stunden einen melanotischen Harn aus, der ein Chromogen enthält, welches sich papierchromatographisch wie die Substanz A verhielt und sämtliche Melanogenreaktionen gab. Daraus kann man schließen, daß 5,6-Dioxyindol im Organismus in irgendeiner Weise substituiert wird. Es wurden deshalb eine Reihe solcher Substitutionsprodukte dargestellt, indem Sulfatschwefel sowie Methyl- und Acetylgruppen in 5- und/oder 6-Stellung der Molekel eingeführt wurden, und geprüft, ob sie mit einem der Harnmelanogene identisch sind. Da die Positionen 1, 2 und 3 im Indolring unbesetzt blieben, gaben alle Verbindungen positive THORMÄHLENsche und EHRLICHsche Reaktionen[3]).



Die Dioxyindolderivate wurden nun ebenfalls papierchromatographisch untersucht. Ein Vergleich der R_F-Werte zeigt jedoch, daß keine der synthetisierten Verbindungen mit den Harnchromogenen übereinstimmt (vgl. Tabelle 1). In

Tabelle 1.

Solventien	I	II	III	IV	V
Substanz A	0,49	0,68	0,16	0,58	0,29
Substanz B	0,78	0,88	0,33		
Substanz C	0,84	0,93	0,43	0,35	
5,6-Dioxyindol Dikaliumsulfat	0,41	0,53	0,07	0,14	0,02
5,6-Dimethoxyindol	0,85	0,90	0,91	0,96	0,78
5,6-Diacetoxyindol	0,85	0,86	0,96	0,84	0,82
5-Acetoxy-6-methoxyindol	0,94	0,95	0,97	0,97	0,90
5-Oxy-6-methoxyindol	0,96	0,95	0,93	—	0,77
6-Acetoxy-5-methoxyindol	0,96	0,96	0,97	0,99	0,91
6-Oxy-5-methoxyindol	0,85	0,98	0,89	—	0,83

I s-Collidin, wassergesättigt; II α-Pikolin 70%, H_2O 28%, NH_4OH 2%; III sek. Butanol, wassergesättigt; IV Phenol, wassergesättigt; V Isopropylalkohol 70%, CH_3COOH 20%, H_2O 10%.

allen Lösungsmittelgemischen wandern die hydrophoben Methyl- und Acetylderivate des Dioxyindols auf dem Papier schneller als die Harnchromogene. Eine biologische Methylierung bzw. Acetylierung des Melanogens scheint demnach ausgeschlossen. Es müssen vielmehr Substituenten auftreten, die hydrophile Gruppen tragen; sie würden eine bessere Löslichkeit der Molekel in der wäßrigen Lösungsmittelphase bewirken und damit niedrigere R_F-Werte liefern. Das wasserlösliche Disulfat läuft dagegen langsamer als die Harnchromogene. Möglicherweise verhält sich das Monosulfat wie eines der Harnmelanogene, da eine freie Oxygruppe in der Molekel die Löslichkeit im organischen Lösungsmittel verbessern und den R_F-Wert erhöhen würde.

Universitäts-Hautklinik Frankfurt a. M. (Direktor: Prof. Dr. Dr. O. GANS).
GOTTFRIED LEONHARDI.

Eingegangen am 1. Februar 1954.

[1]) EISELT, TH.: Prag. Vjschr. prakt. Heilk. **70**, 190 (1858).
[2]) LINNELL, L., u. H. ST. RAPER: Biochemic. J. **29**, 76 (1935).
[3]) LEONHARDI, G.: Naturwiss. **40**, 621 (1953).

Über die Aldolaseaktivität von Serum und roten Blutzellen verschiedener Spezies.

Speziesunterschiede sind für die Aktivitäten verschiedener Enzyme bekanntgeworden, z.B. Peptidasen[1]), Acetylcholinesterase[2]), Katalase[4]) und das Gesamtglykolysesystem der Erythrozyten[5]). Die Tabelle 1 unterrichtet über die Aldolaseaktivität von Blutserum und roten Zellen. Die Messungen

wurden unter Bedingungen durchgeführt, unter welchen Enzymkonzentration und Spaltungsgeschwindigkeit der Fructose-1,6-diphosphorsäure sowie Substratumsatz und Zeit lineare Abhängigkeit zeigten. Über die Methodik und Eigenschaften des Serum- und Erythrozytenenzyms wird an anderer Stelle ausführlich berichtet[2]). Bei der Bestimmung der Fermentaktivität der Erythrozyten werden Hämolysate verwandt: Nur Hämolysate, nicht jedoch intakte Zellen spalten Hexosediphosphorsäure, was auf eine nichtoberflächliche Lokalisation des Enzyms hinweist.

Tabelle 1.

Tierart	Anzahl der untersuchten Proben	Serum		Erythrozyten	
		Aldolaseaktivität		Aldolaseaktivität	
		Durchschnitt	Bereich	Durchschnitt	Bereich
Mensch	21	5,4	3,8—8,0	875	318—1270
Hund	10	15	12—22	722	510—1080
Pferd	10	22	10—46	241	165— 306
Huhn	10	35	17—70	672	573— 888
Rind	10	40	24—58	260	138— 450
Hammel	10	40	30—65	340	165— 558
Meerschweinchen .	10	42	17—65	507	388— 666
Ratte	8	44	28—65	786	690—1086
Schwein	10	47	33—61	177	0— 390
Kaninchen	4	54	48—68	475	360— 645
Maus	8	100	65—120	976	614—1386

Die Fermentaktivität wird ausgedrückt durch die Menge Fructose-1,6-diphosphorsäure, die durch 1,0 ml Serum bzw. 1,0 ml Erythrozytenbrei (2mal gewaschen, 30 min bei 3500 Umdrehungen zentrifugiert) je Std gespalten wird (1 Mikromol = 340 γ = 22,4 mm³). Fermentansätze: 1,0 ml Serum oder Hämolysat 1:10 (1 Teil Zellbrei + 9 Teile Aq. dest.); 1,0 ml Collidinpuffer 0,1 m; 0,25 ml Hydrazinsulfat, 0,56 m; 0,25 ml Monojodacetat, 0,002 m, 0,25 ml Aq. dest.; 0,25 ml Fructose-1,6-diphosphat (Natriumsalz), 0,06 m. p_H aller Lösungen = 7,4 bis 7,5. Temperatur: 37°. Inkubationszeit: Menschliches Serum = 1 Std, Serum vom Hund = 30 min, in allen anderen Fällen = 20 min. Sämtliche Angaben über die Enzymaktivität sind auf die Volumeinheit 1,0 ml Serum oder Zellbrei bezogen und stellen den Spaltungswert je Std dar.

Eine Beziehung zwischen Serum- und Erythrozytenferment besteht nicht. Menschliches Blut besitzt bei sehr niedriger Serumaktivität hohe Zellaktivität, im Schweineblut sind die Verhältnisse umgekehrt. Die Serumaldolase scheint also nicht den roten Zellen zu entstammen. 1,0 ml menschliche rote Zellen spalten je Stunde durchschnittlich 875 mm³ Fructose-1,6-diphosphorsäure $= \frac{875}{22{,}4} \cdot 2 = 78$ Mikromol Triosephosphat. Da unter optimalen Bedingungen etwa 2,5 Mikromol Milchsäure (1,0 ml Zellbrei) je Stunde gebildet wird, verläuft die Aldolasereaktion unter optimalen Bedingungen (p_H, Puffersystem, Sättigung des Enzyms mit Substrat usw.) 31mal so schnell wie die Gesamtglycolyse. Über das Molekulargewicht [ungefähr 150000[3]),[7])] und die turnover number[6]) errechnen wir einen Anteil der Aldolase (menschliche Zellen) am Nichthämoglobineiweiß von rund 0,2%. Für menschliches Serum errechnet sich eine Aldolasemenge von 0,2 γ/ml. Das Verhältnis Serumprotein: Aldolaseprotein $\approx 3{,}5 \cdot 10^5 : 1$.

Institut für Physiologische Chemie der Medizinischen Akademie Düsseldorf.

F. Bruns und Chr. Kirschner.

Eingegangen am 27. Februar 1954.

[1]) Adams, E., M. McFadden u. E. L. Smith: J. of Biol. Chem. **198**, 663 (1952).

[2]) Bruns, F.: Habilitationsschr. Düsseldorf 1953. Biochem. Z. (im Druck).

[3]) Gralén, N.: Biochemic. J. **33**, 1342 (1939).

[4]) Richardson, M., I. F. Huddleson u. Rachel Bethea: Arch. of Biochem. a. Biophysics **42**, 114, 124 (1953).

[5]) Spicer, S. S., u. A. M. Clark: J. of Biol. Chem. **179**, 987 (1949).

[6]) Taylor, J. F., A. A. Green u. G. T. Cori: J. of Biol. Chem. **173**, 591 (1948).

[7]) Velick, S. F., und E. Ronzoni: J. of Biol. Chem. **173**, 627 (1948).

[8]) Zajicek, J., u. N. Datta: Acta haematol. [Basel] **9**, 115 (1953).

Hoher Acetylcholingehalt von Bienenfuttersäften.

Bienenhonig enthält einen cholinergischen Faktor[1–5]), der als Acetylcholin (ACh) identifiziert worden ist[6]); der ACh-Gehalt beträgt 0,06 bis 5,0 mg im kg Honig[4]), [7]). Über Herkunft und biologische Bedeutung dieses physiologisch so hochwirksamen Stoffes an dieser Stelle ist bislang nichts bekannt.

Im Anschluß an Honigstudien unseres Institutes[4]) untersuchen wir zur Zeit Futtersäfte, die von Arbeiterbienen zur Aufzucht der Brut produziert werden. Das Vorkommen von ACh in diesem Material kann nicht überraschen, wohl aber die hohe Konzentration; selbst die höchsten Gehalte im Honig werden um 2 bis 3 Zehnerpotenzen übertroffen: Proben von Königinnen- und Arbeiterinnenfutter entsprechen bisher bis zu 1 mg ACh pro g, Drohnenfutter 0,3 mg ACh pro g Futter. So hohe ACh-Konzentrationen sind in tierischem Material unseres Wissens noch nicht gefunden worden.

Nachweis und Auswertung erfolgten am Katzenblutdruck, am isolierten Dünndarm von Meerschweinchen und Albinomaus, an Herz, Lunge und M. rectus abdominis des Frosches sowie am zentrenfreien Rückenmuskelpräparat des Blutegels. Stets entsprach die Wirkung den oben genannten ACh-Gehalten; auch hinsichtlich ihrer Aufhebung durch Atropin und Verstärkung durch Eserin bestand Proportionalität. Durch stark verdünnte Erythrozytencholinesterase verminderte sich die darmerregende Wirkung äquivalenter Mengen von Futtersaft und ACh im gleichen Tempo, ebenso durch vorsichtige alkalische Verseifung oder durch Erhitzen in Tyrodelösung; in Wasser war dagegen Futtersaft im Gegensatz zu ACh mehr als 2 Std kochstabil. Durch Acetylierung stieg die cholinergische Wirkung eines Futtersaftes auf rund das Doppelte, freies Cholin scheint er demnach im Gegensatz zum Honig nur etwa in gleicher Menge zu enthalten wie ACh.

Zur Identifizierung des cholinergischen Faktors diente der papierchromatographische Nachweis des Cholinesters[8]) durch Behandlung des Chromatogramms mit alkalischer Hydroxylaminlösung und weiterhin mit Eisentrichlorid in salzsaurem Äther[9]). Synthetisches ACh und der Cholinester aus Königinnenfutter haben den gleichen R_f-Wert, im Mischchromatogramm tritt keine Auftrennung ein; im Verein mit der biologischen Auswertung ist auf das Vorliegen von ACh zu schließen; Versuche zu seiner Isolierung sind im Gange.

Das Honig-Acetylcholin dürfte den Futtersäften bzw. den diese produzierenden Drüsen entstammen; so ließe sich auch der sehr unterschiedliche, aber stets viel geringere Gehalt im Honig erklären. Möglicherweise spielt das ACh in der Embryonalentwicklung der Biene eine Rolle; die Klärung dieser Frage müssen wir anderen überlassen.

Der Firma H. Mack Nachf., Illertissen, danken wir für Überlassung von Futterproben.

Pharmakologisches Institut der Universität Würzburg.

Dietrich Henschler.

Eingegangen am 8. Februar 1954.

[1]) Pfeiffer: Zit. bei Schiller, Dtsch. Imkerführer **1944**, H. 10.

[2]) Koch, E.: Med. Mschr. **3**, 5 (1949).

[3]) Neumann, W.: Mack-Festschrift, Editio Cantor 1950.

[4]) Neumann, W., u. E. Habermann: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. **212**, 163 (1950).

[5]) Marquardt, P., u. G. Vogg: Arzneimittel-Forsch. **2**, 153 (1952).

[6]) Marquardt, P., u. G. Vogg: Arzneimittel-Forsch. **2**, 205 (1952).

[7]) Marquardt, P., E. Ahring u. G. Vogg: Arzneimittel-Forsch. **3**, 446 (1953).

[8]) Whittacker, V. P., u. S. Wijesundera: Biochemic. J. **51**, 348 (1952).

[9]) Hestrin, S.: J. of Biol. Chem. **180**, 249 (1949).

6-(4′-Pyridyl)-3-mercapto-1,2,4-triazin-5-on als Chemotherapeutikum bei der experimentellen Mäusetuberkulose.

Nach der Synthese[1]) heterozyklischer Thiosemicarbazone (Th) mit experimentell[2]), [3]) und klinisch[4]) nachweisbaren tuberkulostatischen Wirkungen haben R. E. Hagenbach, E. Hodel und H. Gysin[5]) 3-Mercapto-1,2,4-triazin-5-one (MTZ) hergestellt, deren chemotherapeutische Aktivität an tuberkulösen Mäusen geprüft wurde. Ähnlich wie bei den Tuberkulostatika aus der Reihe der Th waren gewisse *heterozyklische* MTZ den isozyklischen Verbindungen (z. B. dem 6-p-Acetylamino-phenyl-MTZ) deutlich überlegen. Von den bisher untersuchten Vertretern der neuen Körperklasse von Tuberkulostatika zeigte 6-(4′-Pyridyl)-MTZ im Tierversuch therapeutisch und toxikologisch die günstigsten Eigenschaften (Versuch Nr. 1).

Versuch Nr. 1. Mäusetest. Infektion intravenös mit Tbc-Stamm hum. 6/7; Therapie per os vom 4. bis 22. Tag nach der Infektion.

Behandelt mit	Dosis mg/kg	Zahl der Mäuse	Lebensdauer Tage	Mittlere Lebensdauer Tage	Differenz gegen die Kontrollen Tage
Unbehandelte Kontrollen	—	12	12 13 13 14 14 15 15 15 16 16 17 17	14,7 ± 1,6	—
4'-Pyridyl-MTZ	250	12	21 25 27 28 28 29 30 31 33 33 34 35	29,5	+ 14,8
3'-Pyridyl-MTZ	250	6	15 16 17 17 17 18	16,7	+ 2,0
2'-Pyridyl-MTZ	250	6	14 15 16 16 16 16	15,5	+ 0,8
Pyridin-3-aldehyd-thiosemicarbazon	100	6	31 36 41 41 42 43	39,0	+ 24,3

Versuch Nr. 2. Chemotherapie einer Isoniazid-resistenten experimentellen Mäuse-Tuberkulose. Infektion intravenös mit Tbc-Stamm H 37 Rv, resistent gegen 40 µg/cm³ Isoniazid; Therapie vom 9. bis 29 Tag nach der Infektion. Ergebnisse am Ende der 6. Woche (* = lebt).

Behandelt mit	Dosis mg/kg	Zahl der Mäuse	Lebensdauer Tage	Mittlere Lebensdauer Tage	Differenz gegen die Kontrollen Tage
Unbehandelte Kontrollen	—	9	9 12 14 14 17 19 20 21 23	16,6 ± 4,8	—
Isoniazid per os	10	10	16 17 17 19 20 20 20 21 21 21	19,2	+ 2,6
p-Acetylamino-benzaldehyd-th per os	100	10	14 22 25 30 30 30 37 38 39 42*	30,7	+ 14,1
Pyridin-3-aldehyd-th per os	100	10	27 32 36 37 38 42* 42* 42* 42* 42*	38,0	+ 21,4
4'Pyridyl-MTZ per os	250	10	42* 42* 42* 42* 42* 42* 42* 42* 42* 42*	42,0	+ 25,4
Dihydrostreptomycin-sulfat subcutan	100	10	27 31 42* 42* 42* 42* 42* 42* 42* 42*	39,4	+ 22,8
			Maximum:	42,0	+ 25,4

Versuch Nr. 3. Wirkung suboptimaler Dosen von 4'-Pyridyl-MTZ und Isoniazid einzeln und in Kombination bei der experimentellen Mäuse-Tuberkulose. Infektion intravenös mit Tbc-Stamm hum. 6/7; Therapie vom 2. bis 18. Tag nach der Infektion.

Behandelt mit	Perorale Dosis mg/kg	Zahl der Mäuse	Lebensdauer Tage	Mittlere Lebensdauer Tage	Differenz gegen die Kontrollen Tage
Unbehandelte Kontrollen	—	9	8 10 10 12 13 13 13 13 14	11,7 ± 1,9	—
A 4'-Pyridyl-MTZ	62,5	10	10 12 12 13 14 14 16 16 16 17	14,0	+ 2,2
B Isoniazid	1,6	9	14 15 18 19 21 22 24 28 38	22,1	+ 10,3
C = A + B		10	19 19 24 24 32 37 45 49 51 70	37,0	+ 25,2

Im Mäusetest zeigt 4-Pyridyl-MTZ eine geringere Aktivität als Pyridin-3-aldehyd-th; dafür verhalten sich die DL_{50} bei der Maus p. o. wie 5:1[6]). Die isomeren 2'-Pyridyl-MTZ und 3'-Pyridyl-MTZ sind im therapeutischen Tierversuch unwirksam.

4'-Pyridyl-MTZ versagt in vitro (auf Hohn-Eiernährmedium) gegen Thiosemicarbazon-resistente Tuberkelbazillen; gegen Isoniazid-resistente Keime ist 4-Pyridyl-MTZ in vitro und in vivo (s. Versuch Nr. 2) wirksam.

Die Aktivität von 4'-Pyridyl-MTZ gegen die Isoniazid-resistente experimentelle Mäusetuberkulose liefert einen Hinweis zur Verwendung dieses neuen Tuberkulostatikums als Partner von Isoniazid bei der *kombinierten Chemotherapie der Tuberkulose*, sofern beide Verbindungen therapeutisch kompatibel sind. Zur Prüfung der Kompatibilität wurden tuberkulöse Mäuse mit Kombinationen suboptimaler Dosen von 4'-Pyridyl-MTZ und Isoniazid behandelt (Versuch Nr. 3).

Die *Kombination von 4'-Pyridyl-MTZ + Isoniazid* ist therapeutisch kompatibel; sie zeigt bei peroraler Behandlung tuberkulöser Mäuse einen starken *synergistischen Effekt.*

Forschungslaboratorien der J. R. Geigy A.G., Basel.

Eingegangen am 6. Februar 1954. JULIUS HIRSCH.

[1]) HAGENBACH, R. E., u. H. GYSIN: Experientia [Basel] **8**, 184 (1952).
[2]) LEVADITI, C., A. GIRARD, A. VAISMAN u. A. RAY: C. r. Acad. Sci. Paris **231**, 1174 (1950).
[3]) HIRSCH, J.: Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N. F. **19** (1952).
[4]) RUZICZKA, O.: Ges. der Ärzte in Wien, wiss. Sitzg. vom 18. Dez. 1953.
[5]) HAGENBACH, R. E., E. HODEL u. H. GYSIN: Experientia [Basel] **10**, 62 (1954).
[6]) DOMENJOZ, R.: Unveröffentlichte Versuchsergebnisse.

Auswertung des Euglenatestes (Nachweis von Vitamin B_{12}) mit Hilfe von Ultraschall.

Zur Auswertung des Testes mit Euglena gracilis var. bacillaris (Fig. 1) sind Trübungsmessung[1]), Auszählen in der Zählkammer[2]), spektrophotometrische Methoden[3]) und Sedimentsmessung der mit ESBACH-Reagenz gefällten Organismen[4]) bekannt. Für Trübungsmessungen sind jedoch Euglena-Individuen (durchschnittlich 50 bis 60 µ) zu groß[5]). Bei der Auszählung bleibt unberücksichtigt, daß nicht die Anzahl der Individuen, sondern die gewachsene Gesamtsubstanz eine zuverlässige Funktion der B_{12}-Konzentration ist[2]).

L. BERGMANN[6]) zitiert, daß Protozoen im Ultraschallfeld durch die Wirkung der im Innern befindlichen Gasbläschen

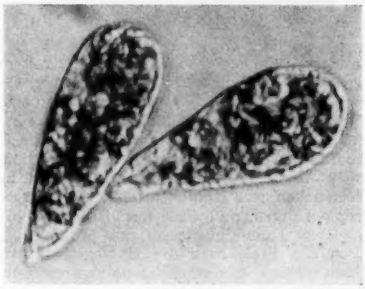


Fig. 1. Euglena gracilis var. bacillaris. Maßstab 1:1100.

(Kavitation) fast augenblicklich zerstört werden. Wir untersuchten Kulturen der Euglena (Fig. 1) in kleinen Reagenzröhrchen (120/12 mm) auf den Ultraschalleffekt von 800 kHz im Ultraschallindustriegenerator Typ 602 RFT Funkwerk Erfurt bei 4000 V und wechselnder Beschallungsdauer. Lebende Kulturen sind nach 10 sec abgetötet, Strukturen sind nur noch zum geringen Teil erkennbar, meist bilden sich unregelmäßige Rasen. Nach 30 sec sind Strukturen nicht mehr erkennbar, doch ist noch geringe Rasenbildung vorhanden. Nach 1 min Beschalldauer und mehr ist das Gesichtsfeld bei der mikroskopischen Prüfung von Zellbröckchen übersät (Fig. 2), die durchschnittlich 3 bis 6 µ groß sind. Doch treten auch kleinere und größere Gebilde auf. Sie liegen also nahe der Größenordnung, wie wir sie bei der turbidimetrischen Auswertung von Lactobacillentesten finden. Auf Grund dieser Verhältnisse arbeiten wir nach folgender Technik: Je 3 ml Medium[4]) werden in die o. a. Röhrchen gefüllt und mit 0, 2, 4, 8, 16 und 24 Pikogramm (1 pg = 10^{-12} g) Vitamin B_{12} bzw. der Unbekannten versetzt und auf 6 ml aufgefüllt. Nach 7 Tagen Bebrütung (28° C, Belichtung durch Neonröhren) werden die Kulturen im Dampftopf abgetötet und jeweils 4 Röhrchen zusammen 3 min mit

mit 4000 V und der o. a. Frequenz beschallt. Durch anschließenden Zusatz von 2 ml einer 0,2%igen Agarlösung je Röhrchen wird eine Sedimentierung praktisch verhindert. Nach Aufschütteln messen wir die Trübung am Trübungsaufsatz des Zeiss-Pulfrich-Photometers in Küvetten mit 0,5 cm Schichtdicke.

Ohne Zweifel werden auch andere Arten der Beschallung (Variierung von Frequenz, Intensität, Beschalldauer und Gefäß) zu entsprechenden Ergebnissen führen.

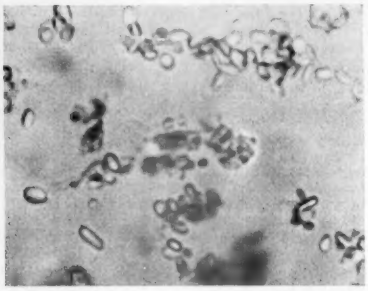


Fig. 2. Beschallte Kultur von Euglena. Gleicher Maßstab.

Herrn FELDMANN sei für die Durchführung der Beschallung, Fräulein INGRID MEYER für zuverlässige Assistenz gedankt.

Anstalt für Vitaminforschung in Potsdam-Rehbrücke (Direktor: Prof. Dr. SCHEUNERT). HELMUT HAENEL.

Eingegangen am 6. Februar 1954.

[1]) HUTNER, S. H., L. PROVASOLI, E. L. R. STOKSTAD, C. E. HOFFMANN, M. BELT, A. L. FRANKLIN u. T. H. JUKES: Proc. Soc. Exper. Biol. a. Med. **70**, 118 (1949).
[2]) ROBBINS, W. J.: Bull. Torrey Bot. Club **77**, 423 (1950).
[3]) HEINRICH, C. H., u. H. LAHANN: Z. Naturforsch. **7b**, 417 (1952).
[4]) ELSÄSSER, TH., u. I. ADLER: Pharmazie **8**, 984 (1953).
[5]) WALLENFELS, K.: Z. Naturforsch. **5b**, 438 (1950).
[6]) BERGMANN, L.: Der Ultraschall. Stuttgart: S. Hirzel 1949.

Mitoseanregung durch Zellkerntrümmer[1]).

Schon 1945 haben MARSHAK und WALKER[2]) in einer Arbeit, die uns erst im vorigen Jahr zur Kenntnis gekommen ist, gezeigt, daß die intravenöse Injektion von Chromatin aus Leber an regenerierender Rattenleber in vivo eine Steigerung der mitotischen Aktivität bedingt. Die Autoren konnten weiter durch Verwendung von mit radioaktivem Phosphat markiertem Chromatin die Aufnahme von Material aus diesem Chromatin in die Leberzellen nachweisen. Wir hatten in analogen Versuchen mit Homogenisaten des Mäuse-Ascites-Tumors zeigen können, daß diese nach Injektion in Mäusen mit dem gleichen Tumor in diesem eine Mitosewelle hervorrufen[3]). Von den Fraktionen des Homogenisats zeigte die Mitochondrienfraktion die stärkste teilungsanregende Wirkung, während die sog. Kernfraktion unwirksam war. Diese früheren Beobachtungen sind inzwischen von uns reproduziert worden. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Wirkung injizierter Mitochondrien aus Ascitestumorzellen nach der Injektion an 10 Mäuse mit diesem Tumor in einer Versuchsreihe wiedergegeben (6 bis 9 Std nach der Injektion). Die Auswertung erfolgt nach der früher[3]) beschriebenen Methodik und

Tabelle 1. *Prozentzahl der Mitosen im Mäuse-Ascites-Tumor nach Injektion von:*

Mitochondrien		Kerntrümmern	
vor	nach	vor	nach
1,3	9,2	2,2	9,3
1,4	7,2	2,1	8,9
2,1	7,0	1,9	8,7
2,0	6,9	5,5	7,5
2,5	6,9	1,1	7,3
2,2	6,2	1,7	6,5
3,1	6,1	0,7	6,3
1,8	5,4	0,8	4,7
2,6	4,9	2,2	4,7
2,6	4,7	2,5	4,4

Auszählung von je 1000 Zellen in einem Ausstrichpräparat. Durch die Verwendung von mit radioaktivem Phosphat markierten Mitochondrien konnte die Möglichkeit der Aufnahme extrazellulärer Mitochondrien weiter gestützt werden[1]), [4]).

Die Kernfraktion der Homogenisate enthält die Zellkerne in intakter Form, in der eine Aufnahme in Tumorzellen durch Phagozytose nicht möglich erscheint. Wir haben daher zunächst isolierte Zellkerne dargestellt [durch Quellung von Ascitestumorzellen in hypotonischer Lösung[5]) und vorsichtige Homogenisierung] und diese isolierten Kerne anschließend durch energische Homogenisierung zerstört. In einem nach FEULGEN gefärbten Ausstrich dieses Materials konnten keine intakten Kerne mehr gefunden werden, sondern nur verschieden große Kerntrümmer. Die intraperitoneale Injektion von 0,5 ml dieses Materials (15 ml Kernhomogenisat aus 30 ml Ascitestumor) an Mäuse mit Ascitestumor (5 bzw. 7 Tage nach der Impfung) bringt bei allen Tieren eine Steigerung der Mitoseaktivität hervor, die sich auf alle Stadien des Mitoseablaufs erstreckt. Quantitativ ist dieser Effekt mit dem nach der Mitochondrien-Injektion vergleichbar[3]); das Maximum der Mitoseaktivität wurde jedoch zeitlich etwas später, um 10 Std nach der Injektion, erhalten (vgl. Tabelle 1). Die Versuche zeigen, daß ebenso wie Mitochondrien auch extrazelluläres Kernmaterial von der Tumorzelle aufgenommen und, wie die Anregung der mitotischen Aktivität zeigt, auch verwertet werden kann.

Institut für Experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg, Voßstraße 3.

HANS LETTRÉ und HANS-JÜRGEN THOM.

Eingegangen am 26. Februar 1954.

[1]) X. Mitt. über das Verhalten von Bestandteilen von Tumorzellen bei der Transplantation. IX. Mitt.: LETTRÉ, H., u. H. WRBA: Z. Krebsforsch. (im Druck).
[2]) MARSHAK, A., u. A. C. WALKER: Science (Lancaster, Pa.) **101**, 94 (1945).
[3]) LETTRÉ, H., F. K. HEMPRICH u. B. SPIRIG: Z. Krebsforsch. **59**, 64 (1953).
[4]) LETTRÉ, H.: Naturwiss. **40**, 25 (1953).
[5]) LETTRÉ, H.: Z. Krebsforsch. **57**, 345 (1951).

Der Einfluß der Antibiotika Terramycin und Leukomycin auf das Streckungswachstum höherer Pflanzen.

Wenn man einen der beiden Kotyledonen junger, im Gewächshaus bei natürlichem Tag- und Nachtwechsel (Sommermonate 1953) gezogener Gurkenkeimlinge verdunkelt, dann macht sich schon einige Stunden nachher am Keimstengel (Hypokotyl) unterhalb des verdunkelten Kotyledo eine Konvexkrümmung bemerkbar, ein Zeichen, daß auf dieser Flanke das Hypokotyl stärker wächst als auf der Gegenflanke (Fig. 1).

Fig. 1 a u. b. Gurkenkeimling, dessen einer Kotyledo verdunkelt wurde. a Ausgangsstellung; b nach einigen Stunden.

Die Krümmung nimmt in den nächsten Stunden bis zu einem Maximalwert zu, geht dann wieder zurück, nimmt wieder zu usf., wobei sich ein Tagesrhythmus feststellen läßt[1]).

Gießt man die Erde der Töpfchen, in denen die Keimpflanzen wachsen, täglich bei einer Serie mit einer Terramycinlösung (TM), bei einer zweiten mit Leukomycinlösung (LM), bei einer dritten mit einer Lösung von indolessigsaurem Kalium (IEK) — alle Lösungen 0,005% — und bei einer vierten mit Leitungswasser, so ergibt sich das aus den Kurven der Fig. 2 zu ersehende Bild.

Bei Terramycin und Leukomycin wird der Charakter der Kurve nicht geändert, aber die *Krümmung* ist fast *doppelt* so stark wie bei der Wasserkontrolle.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Hypokotylkrümmungen nach Verdunklung eines Kotyledo dadurch zustande kommen, daß der aus dem dauernd verdunkelten Kotyledo abfließende Wuchsstoffstrom von dem aus dem anderen Kotyledo, der dem täglichen Lichtwechsel ausgesetzt bleibt, verschieden ist[1]). Wie aber das Phänomen zu erklären ist, daß durch die Antibiotika die Krümmung in ihrer Stärke fast verdoppelt wird, bleibt vorläufig noch ungeklärt. Die Versuche werden fortgesetzt.

Bisher liegen nur einige wenige Notizen über den Einfluß von Antibiotika auf das Wachstum höherer Pflanzen vor. Eine *fördernde* Wirkung von Streptomycin (1,0 un 10,0 mg/cm³)

haben zuerst WINTER und WILLEKE[2]) bei der Kresse festgestellt. Durch Begießen der in Komposterde wachsenden Pflanzen zeigten diese „auffallend starken Wachstumsstimulationen". Nähere Angaben fehlen. NICKELL[3]) konnte eine Wachstumsförderung und Gewichtszunahme bei Mais nach Begießen mit Terramycinlösung (0,005%) sicherstellen. Offenbar wird also nunmehr die schon große Zahl der als Wuchsstoffe bekannten Verbindungen durch gewisse Antibiotika weiter vermehrt. Ob diese nur das Streckenwachstum

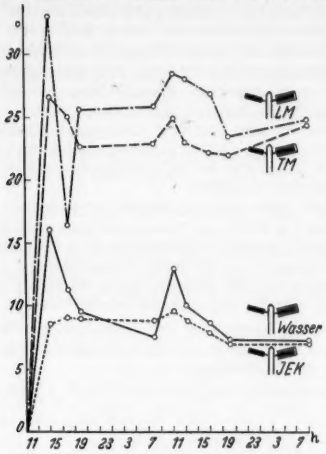


Fig. 2. Krümmung des Hypokotyls nach Verdunklung eines Kotyledo und nach Begießen der Töpfe mit den rechts angegebenen Lösungen (*LM* Leukomycin, *TM* Terramycin, *IEK* Indolessigsaures Kalium). Versuchsbeginn 11. 7. 53.

wie bei unseren Versuchen oder ob sie auch das Teilungswachstum, die Wurzelbildung und andere Entwicklungsprozesse beeinflussen, bleibt noch offen.

Biologisches Forschungsinstitut Limburg a.d.Lahn.

F. J. KRIBBEN.

Eingegangen am 28. Januar 1954.

[1]) LAIBACH, F., u. F. J. KRIBBEN: Z. Naturforsch. 4b, 298 (1949).
[2]) WINTER, A. G., u. LISEL WILLEKE: Naturwiss. 38, 457 (1951).
[3]) NICKELL, L. G.: Antibiotics in the Growth of Plants. Brooklyn, N.Y.: Ch. Pfizer & Co. 1952.

Untersuchungen über wasserlösliche Hemmstoffe aus Getreideböden.

In früheren Untersuchungen[1],[2]) konnte gezeigt werden, daß Getreidestroh kaltwasserlösliche Bestandteile enthält, die auf die Keimung und Entwicklung von Getreide- und anderen Samenarten hemmend wirken. Beim Getreidebau verbleiben nun im Boden erhebliche Mengen an Wurzeln und Stoppeln als Ernterückstände, zum Teil wird auch das gesamte Stroh dem Boden wieder eingefügt. Vom praktischen und ökologischen Standpunkt aus blieb zu prüfen, ob Auszüge aus Stoppelböden und Erde, der Stroh beigemischt wurde, hinreichende Mengen dieser Hemmstoffe enthalten, um die Entwicklung von Weizenkeimlingen ungünstig zu beeinflussen.

Boden von einem Kartoffelfeld wurde mit 2, 1 bzw. 0,5 Gew.-% Gerstenstroh vermischt und im Verhältnis 1:1 mit Leitungswasser verrührt. Nach 24 Std wurde das überschüssige Wasser abfiltriert. Das Filtrat wurde im Vakuum bei 30° C auf 1:4,2 bis 1:4,4 eingeengt und seine Wirkung auf das Wurzelwachstum vorgekeimten Weizens getestet [vgl. WINTER und SCHÖNBECK[2])]. Gegenüber einem gleich behandelten Boden ohne Strohzusatz hemmte der Auszug aus dem Boden mit Stroh die Weizenentwicklung um so stärker, je mehr Stroh der Boden enthielt. Noch ein Strohzusatz von 0,5% verminderte das Wurzeltrockengewicht um 17,7%.

Nach der Getreideernte wurden aus Böden mit Ernterückständen von Gersten-, Roggen-, Weizen- und Haferfeldern nach der gleichen Methode Extrakte hergestellt und mit Auszügen aus einem sonst gleichartigen, benachbarten Boden mit Kartoffeln als Vorfrucht verglichen. Alle vier hemmten die Entwicklung des Weizens gegenüber dem Kontrollboden erheblich.

Weiter wurde vom Gerstenfeld a) Boden zwischen den Stoppelreihen, b) unter ihnen entnommen, c) wurden letzterem 0,5%, d) 1% Stoppeln beigegeben und e) wurde dem Boden zwischen den Stoppelreihen 1% Stoppeln zugefügt. Anschließend wurde die Beeinflussung des Wachstums von

Fig. 1. Hemmung der Wurzelentwicklung bei Weizen durch Auszüge aus Gerstenstoppelböden. Von links nach rechts: Auszug aus: Kartoffelboden, Gerstenboden zwischen den Stoppelreihen, Gerstenboden unter den Stoppelreihen, Gerstenboden unter den Stoppelreihen +0,5% Stoppeln, Gerstenboden unter den Stoppelreihen +1% Stoppeln.

Weizenkeimlingen durch Auszüge aus diesen Böden untereinander und im Vergleich mit Auszügen aus Kartoffelboden geprüft (Tabelle 1, Fig. 1).

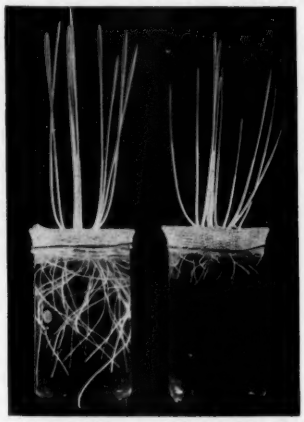


Fig. 2. Hemmung der Weizenentwicklung durch Sickerwasser aus Boden, dem Gerstenstroh beigemischt worden war. Links Sickerwasser aus Boden ohne Zusatz.

Der Hemmstoffgehalt ist also unter den Stoppeln wesentlich höher als zwischen den Drillreihen und steigt mit dem

Tabelle 1.

Art der Bodenentnahme im Gerstenfeld	Bodenentnahme	Wurzellänge bzw. -trockengewicht	Mittlerer Fehler $m = \sqrt{\Sigma a^2/n(n-1)}$
Kartoffelboden	23.10.—27.11.	816,7 cm	±47,5
Zwischen den Stoppeln .	23.10.— 4.12.	650,1 cm	±25,3
Unter den Stoppeln . .	23.10.— 4.12.	391,3 cm	±25,9
Zwischen den Stoppeln .	9.10.—20.11.	0,102 g	± 0,00192
Unter den Stoppeln . .	1.10.—20.11.	0,089 g	± 0,00314
Zwischen den Stoppeln .	9.10.—23.10.	0,103 g	± 0,00187
Unter den Stoppeln . .	1.10.—23.10.	0,093 g	± 0,00314
Unter den Stoppeln +0,5% Stoppeln . .	11.9. —23.10.	0,091 g	± 0,00265
Unter den Stoppeln +1% Stoppeln . . .	11.9. —23.10.	0,084 g	± 0,00118
Zwischen den Stoppeln .	6.11.—20.11.	0,101 g	± 0,00346
Unter den Stoppeln . .	6.11.—20.11.	0,082 g	± 0,00374

Jedem Wert (Wurzellänge bzw. -trockengewicht) liegen 3 bis 7 unabhängige Wiederholungen in je 3 Versuchsgefäßen zu je 10 Weizenpflanzen zugrunde.

Stoppelgehalt des Bodens. — Ausreichende Feuchtigkeit und Wasserbewegung im Boden werden zum Herauslösen der Hemmstoffe notwendig sein, andererseits müssen übermäßige Niederschläge sie in den Untergrund schwemmen (s. Fig. 2). Der Hemmstoffgehalt im Boden muß daher niederschlagsabhängig sein und monatsweise oder auch wöchentlich schwanken (s. Tabelle 1). Die praktische Bedeutung der Hemmstoffe wird daher klimaabhängig sein.

Weitere Untersuchungen insbesondere über die Stabilität und Adsorption dieser Hemmstoffe sowie ihre Einwirkungen auf andere Pflanzen werden zum Teil im „Jahresbericht Madaus 1953" veröffentlicht.

Die Untersuchungen wurden vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

Aus dem Laboratorium Prof. Dr. A. G. WINTER, *Bonn, Zülpicherstraße 13, und der Botanischen Abteilung Madaus-Köln (Leiter: Prof. Dr.* A. G. WINTER).

A. G. WINTER und F. SCHÖNBECK.

Eingegangen am 28. Januar 1954.

[1]) WINTER, A. G., u. F. SCHÖNBECK: Naturwiss. **40**, 168 (1953).
[2]) WINTER, A. G., u. F. SCHÖNBECK: Naturwiss. **40**, 513 (1953).

Über die getrennte Abhängigkeit des Stoffwechselverhaltens und der Schilddrüsenhyperplasie von den β- und γ-Zellen der Adenohypophyse bei der Ratte nach gemeinsamer Verabreichung von Thyreostatika und SH-gruppenhaltigen Substanzen.

Anknüpfend an die Untersuchungen ASCHKENASYS[1]) und seiner Mitarbeiter bearbeiteten FÖRSTER[2]), FÖRSTER und MUSCHOLL[3]), MUSCHOLL[4]) und KÖHLER[5]) die modifizierende Wirkung einiger Pharmaka auf den thyreostatischen Effekt des Methylthiouracils (MTU) und ähnlich wirkender Substanzen. Es wurde ermittelt, daß die sulfhydrylgruppenhaltigen Verbindungen British Anti Lewisite (BAL) und Methionin (Meth.) in charakteristischer Weise das Stoffwechselbild mit MTU behandelter Ratten beeinflussen. 45 Tage lang mit MTU behandelte Tiere (25 mg MTU/kg u. Tag) zeigen eine Stoffwechselsenkung von -10% gegenüber den NaCl-Kontrollen (tägliche Verabreichung von 20 cm³ einer 0,9%igen NaCl-Lösung pro kg), verbunden mit einer Schilddrüsengewichtszunahme von $+300\%$ ($NaCl = \pm 0\%$). Werden den mit 25 mg MTU/kg u. Tag behandelten Tieren gleichzeitig 30 mg BAL/kg u. Tag verabreicht, so resultiert nach 45 Tagen eine Stoffwechselsenkung (-14%), verknüpft mit einer 400%igen Schilddrüsengewichtszunahme. Bei gleichzeitiger Verabreichung von 25 mg MTU + 3000 mg Meth./kg u. Tag dagegen ist der Stoffwechsel nach 45 Tagen normalisiert ($+2\%$), das Schilddrüsengewicht stieg aber auf $+550\%$ an.

Experimentelle Stoffwechseländerung und Modifikation des Schilddrüsengewichtes brauchen also nicht parallel zu verlaufen, worauf FÖRSTER und MUSCHOLL[3]) anderenorts hinweisen.

Bei histologischer Untersuchung der Schilddrüsen (SD) und Hypophysen zeigt es sich, daß Epithelhöhenzunahme in der SD und Ausbildung spezifischer Thyreoidektomiezellen (T-Zellen) im Hypophysenvorderlappen (HVL) konform gehen. Bei alleiniger Verabreichung von MTU sind die Schilddrüsenepithelzellen erhöht (+), im HVL treten deutlich T-Zellen auf. MTU + BAL bedingt eine wesentlich stärkere (+++) Epithelerhöhung in der SD und etwa dreimal so hohe T-Zellhäufigkeit im HVL. Nach MTU + Meth. sind trotz normaler Stoffwechselwerte die SD-Epithelien stärker (++) erhöht als nach MTU, die T-Zellzahl im HVL gegenüber MTU allein ist annähernd verdoppelt.

Nach neueren Untersuchungen amerikanischer Autoren [Zusammenfassung durch GRIESBACH[6])] sollen die T-Zellen aus den β-Zellen (= Basophile) des HVL entstehen. Die β-Zellen sollen das thyreotrope Prinzip des HVL produzieren, weshalb diese Zellen in der amerikanischen Literatur als „Thyrotrophs" bezeichnet werden.

Eine Nachuntersuchung ergab nun, daß die β-Zellen-Veränderungen des HVL dem Stoffwechselverhalten entsprechen. Bei signifikanter Stoffwechselsenkung erfahren die β-Zellen eine zahlenmäßige Vermehrung. Es kann also mit GRIESBACH[6]) und anderen gesagt werden, daß die Vermehrung der β-Zellen ein Thyroxindefizit anzeigt.

Abweichend von GRIESBACH u. a.[6]), aber in Übereinstimmung mit ROMEIS[7]), BERBLINGER[8]) und PAYNE[9]), konnte gefunden werden, daß sich die T-Zellen nicht von den β-Zellen oder α-Zellen [= Azidophile: ZECKWER und Mitarbeiter[10]), MORRIS[11])] ableiten, sondern sich durch Vermehrung der undifferenzierten Stammzellen über γ-Zellen (= Hauptzellen) differenzieren. Jugendliche T-Zellen zeigen manchmal Ähnlichkeit mit ε-Zellen (= Orangeophile), ältere Formen stets Übereinstimmung mit η-Zellen (= Schwangerschaftszellen). Die T-Zellen zerfallen schließlich unter Kolloidbildung nach Art einer holokrinen Sekretion, wobei sich wieder morphologische Ähnlichkeit mit degenerierenden ε-Zellen zeigt.

Stoffwechseländerung ist also mit einer β-Zellenmodifikation verknüpft, während Kropfbildung mit einer T-Zellbildung aus γ-Zellen einhergeht. Da beide Prozesse unabhängig voneinander verlaufen können, darf angenommen werden, daß die hypophysäre Schilddrüsenregulation nicht nur von den β-Zellen abhängig ist (Thyreotropinsynthese), sondern überdies von den γ-Zellen.

FRANCK[12]) nahm schon einmal eine bizelluläre Steuerung der SD durch den HVL an. Er schrieb azidophilen und basophilen Zellen getrennte SD-Effekte zu. Ob seine „hypoazidophilen Zellen" in die Reihe Stammzelle → γ-Zelle → T-Zelle eingereiht werden müssen, kann an Hand seiner Veröffentlichungen nicht hinreichend geklärt werden.

Ausführliche Darstellung der histologischen Befunde erfolgt in der Z. Zellforsch., der pharmakologischen im Arch. exper. Path. u. Pharmakol.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Anatomisches Institut und Pharmakologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.

JOACHIM-HERMANN SCHARF, WERNER FÖRSTER und ERICH MUSCHOLL.

Eingegangen am 4. Februar 1954.

[1]) ASCHKENASY, A., u. G. J. ROLLAND: C. r. Soc. Biol. Paris **143**, 641, 643 (1949).
[2]) FÖRSTER, W.: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. **216**, 147 (1952).
[3]) FÖRSTER, W., u. E. MUSCHOLL: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. (im Druck, 2 Arbeiten).
[4]) MUSCHOLL, E.: Diss. Mainz 1952.
[5]) KÖHLER, H.: Diss. Mainz 1954.
[6]) GRIESBACH, W. E.: Klin. Wschr. **1953**, 926.
[7]) ROMEIS, B.: Hypophyse. In v. MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. VI/3. Berlin: Springer 1940.
[8]) BERBLINGER, W.: Virchows Arch. **309**, 302 (1942).
[9]) PAYNE, F.: Anat. Rec. **88**, 337 (1944).
[10]) ZECKWER, J. T., L. W. DAVISON, T. B. KELLER und C. S. LIVINGOOD: Amer. J. Med. Sci. **190**, 145 (1935).
[11]) MORRIS, D. M.: Endocrinology **50**, 277 (1951).
[12]) FRANCK, S.: Acta path. scand. (København.) **14**, 339, 538 (1937); C. r. Soc. Biol. Paris **125**, 569, 573 (1937).

Zur Definition der Mykobakteriengranula.

Auf dem Symposion über die Bakterienzytologie in Rom (September 1953) ergab sich eine Annäherung der Anschauungen über die Natur der Bakteriengranula. Wenn man in den von MUDD[4]), KELLENBERGER[1]) und VENDRELY[7]) gegebenen Beschreibungen die Zuordnung der Befunde von stark elektronenstreuenden Granula der Ansicht von WINKLER[8]) anpaßt, dann ergeben sich folgende Definitionen, die als Grundlage für weitere Diskussionen zum Granulaproblem, z. B. bei Mykobakterien, geeignet erscheinen.

Neben den noch umstrittenen Bakterienkernen (Nukleoiden) der Mykobakterien hat man als weitere Zellstrukturen Mitochondrien (Mitochondrienäquivalente) und Granula[9]) zu unterscheiden. Die Mitochondrien sind durch ihren Gehalt an Enzymen des Energiestoffwechsels, Phospholipoiden und Ribonukleinsäuren sowie durch Beweglichkeit innerhalb der Zelle gekennzeichnet.

Die Granula sind scharf begrenzte, kuglige bis elliptische Körper von variabler Größe. Die Eigenschaften der Metachromasie, der Basophilie, der starken Elektronenstreuung und der Verdampfbarkeit bei starker Elektronenbestrahlung beruhen auf dem Gehalt der Granula an Polymetaphosphaten.

Die gegenseitigen physiologischen und topographischen Beziehungen der Mitochondrien und der Granula sind dadurch bestimmt, daß die Mitochondrien mancher Mikroorganismen

bei ausreichendem Nährstoff- und Phosphatangebot Polymetaphosphate als Energie- und Phosphatreserven produzieren und in Form der Granula ablagern können. Die Ortsgleichheit (Isotopie) der Granula mit den Mitochondrien ist die Ursache dafür, daß eine klare Trennung der beiden Begriffe bisher nicht erfolgt ist. Das Wort Granulum wurde im Schrifttum zunächst für jede irgendwie darstellbare rundliche Zellstruktur verwendet. Nach der Ausgliederung der tinktoriellen Artefakte, der Nukleoide und neuerdings auch der Mitochondrien[5],[6]) aus dem alten Sammelbegriff kann jetzt ein festumrissener Begriff mit dem Wort Granulum bezeichnet werden.

Eine ausführliche Diskussion dieser Probleme[10]) am Beispiel der Mykobakterien ist an anderer Stelle gegeben worden[3]).

Bakteriologisches Institut der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft in Kiel (Direktor: Prof. Dr. Dr. ANDREAS LEMBKE).

EKKEHARD KRÜGER-THIEMER und ANDREAS LEMBKE.

Eingegangen am 6. März 1954.

[1]) KELLENBERGER, E.: Suppl. Rend. Ist. Sup. Sanità, Symp., Bact. Cyt. **1953**, 45.

[2]) KÖLBEL, H.: Z. Hyg. **133**, 45 (1951). — Z. Naturforsch. **8b**, 631 (1953). — Naturwiss. **40**, 626 (1953).

[3]) KRÜGER-THIEMER, E.: Diss. Kiel 1953.

[4]) MUDD, S.: Suppl. Rend. Ist. Sup. Sanità, Symp., Bact. Cyt. **1953**, 3, 67.

[5]) MUDD, S., A. F. BRODIE, L. C. WINTERSCHEID, P. E. HARTMAN, E. H. BEUTNER u. R. A. MCLEAN: J. Bacteriol. **62**, 729 (1951).

[6]) MUDD, S., L. C. WINTERSCHEID, E. D. DELAMATER u. H. J. HENDERSON: J. Bacteriol. **62**, 459 (1951).

[7]) VENDRELY, R.: Suppl. Rend. Ist. Sup. Sanità, Symp., Bact. Cyt. **1953**, 82.

[8]) WINKLER, ANNELISE: Suppl. Rend. Ist. Sup. Sanità, Symp., Bact. Cyt. **1953**, 39.

[9]) Diese Gebilde werden von KÖLBEL[2]) als „Körnchen" bezeichnet.

[10]) Eine tabellarische Gegenüberstellung der Granula- und Mitochondrieneigenschaften, die hier aus Raummangel nicht erscheint, kann bei den Verfassern angefordert werden.

Mikroskopische Untersuchungen in vivo an Azotobacter-Zellen.

Ohne auf eine Diskussion bezüglich der verschiedenen Wuchs- und Reizformen dieses gramlabilen, insbesondere durch seine N_2-Assimilation bekannten Bodenbakteriums einzugehen, sollen hier einige an lebenden Zellen erhaltene zytologische Ergebnisse mitgeteilt werden. Diese ergänzen vergleichende Untersuchungen des Verfassers an Hefen[1]) und Bakterien[2]),[3]),[4]).

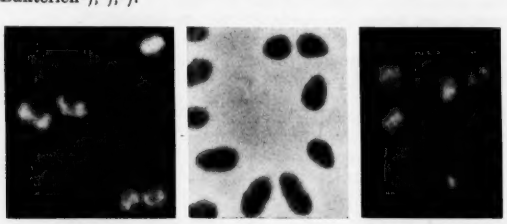


Fig. 1. Acridinorange 1:5000. Fig. 2. Phasenkontrast. Fig. 3. Berberinsulfat 1:1000.

Azotobacter chrooc. Abb. Maßstab 1300:1.

Zur Untersuchung gelangten auf Rippel-Agar gewachsene, 5 bis 8 Tage alte Kulturen von Azotobacter chroococcum. Zu dieser Zeit waren nur große kokkoide Zellen von etwa 2 bis 5 μ Durchmesser zu beobachten, an denen mit Hilfe des Tuscheverfahrens eine deutliche Schleimhülle nachgewiesen werden konnte. Diese soll nach STAPP Dextran-Charakter besitzen.

Phasenkontrastbeobachtung. Mit Hilfe des Phasenkontrastmikroskops erkennt man im Innern der Zellen dunkel erscheinende Granula, die zentral gelegen sind (Fig. 2). Die Frage, ob diese und andere auch als Paranukleoide, d. h. einem heterochromatischen System zugehörig, angesprochen werden können, muß vorerst noch offen bleiben. — Da die Differenz der Brechungsindizes von Schleimkapsel und umgebendem Wasser sehr klein ist, wird jene mit diesem Verfahren nicht deutlich beobachtbar.

Fluoreszenzbeobachtung. Hier liegen bereits Beobachtungen von STRUGGER[5]) vor, die dieser mit Acridinorange als Fluorochrom erhielt. Eigene Untersuchungen mit Acridinorange zeigten folgendes (Fig. 1): Das ungeschädigte Plasma zeigt nur unbedeutende Fluoreszenz; ein Gitterwerk konnte nicht beobachtet werden. Je Zelle war je ein zentral gelegenes Gebilde von kräftig-grüner Fluoreszenz nachweisbar, welches in seiner Form lebhaft an Kerne weißer Blutzellen erinnert. Dieses Gebilde muß nach den bisherigen Erfahrungen[1]),[2]),[3]) als Kernäquivalent angesprochen werden*).

Mit Hilfe des Atmungsgiftes Berberin (bzw. dessen Sulfat) als Fluorochrom konnten je Zelle nicht selten bis zu zehn lebhaft gelbgrün fluoreszierende Granula dargestellt werden (Fig. 3). Nach den Erfahrungen an Hefe[1]) und Bakterien[3]) sind in ihnen Chondriosomenäquivalente zu erblicken. Diese zeigen die gleiche charakteristische Lagerung wie die phasenoptisch nachweisbaren dunklen Grana und werden mit ihnen für identisch gehalten. Doppelfluorochromierung läßt die unmittelbare kernnahe Lage derselben erkennen. Sie täuschen bei der Teilung sowohl im Phasenkontrastbild (vgl. Fig. 2) als auch im Fluoreszenzbild nach Berberin-Fluorochromierung mitoseähnliche Stadien vor. — Da HEUMANN[6]) einen blockierenden Effekt auf die N_2-Assimilation von Rhizobium leguminosarum nach Viktoriablau-Applikation festgestellt hat, wäre der Einfluß von Berberin auf die N_2-Assimilation prüfenswert, um die vermutete Bedeutung der Chondriosomen-Äquivalente für die N_2-Assimilation zu erhärten. — In älteren Zellen werden ähnlich wie bei verschiedenen Hefen und bei Diphtheriebakterien an den Chondriosomenäquivalenten auch Metaphosphate (syn. Volutin) gespeichert, die nach den üblichen Methoden (z. B. NEISSER-Färbung) färberisch nachweisbar sind.

Mikrolaboratorium Zeiss-Winkel, Göttingen.

ALOYSIUS KRIEG.

Eingegangen am 9. Februar 1954.

*) Die Schleimkapsel konnte nach Acridinerange-Fluorochromierung in Bestätigung der STRUGGERschen Befunde leicht rot leuchtend im Fluoreszenzmikroskop bedingt dargestellt werden.

[1]) KRIEG, A.: Experientia [Basel] (im Druck).

[2]) KRIEG, A.: Naturwiss. **40**, 414 (1953). — Z. Hyg. **138**, 357 (1953); **139**, 61, 64 (1954).

[3]) KRIEG, A.: Z. Hyg. **138**, 530 (1953).

[4]) KRIEG, A.: Naturwiss. **41**, 19 (1954).

[5]) STRUGGER, S.: Fluoreszenzmikroskopie und Mikrobiologie. Hannover 1949.

[6]) HEUMANN, W.: Naturwiss. **39**, 239 (1952).

Künstlich symbiontenfrei gemachte Kornkäfer (Calandra granaria Lin.).

Calandra granaria und *Calandra oryzae* leben in Symbiose mit fadenförmigen Bakterien, die bei der Larve in einem ansehnlichen Myzetom untergebracht sind, das ventral von der Einmündungsstelle des Anfangsdarmes in den Mitteldarm gelegen ist. Die Myzetozyten, welche das Organ aufbauen, gleiten während der Metamorphose zwischen Darmepithel und Muskularis nach hinten und sind in der Imago am Grunde der vordersten 20 Darmzotten zu finden. Da bereits während der Blastodermbildung die Symbionten in die Urgeschlechtszellen eindringen, stellen die Endkammern der Ovariolen der ♀♀ das Symbiontenreservoir dar, das der erblichen Übertragung der Bakterien dient[2]),[5]).

In einer Population von *Calandra oryzae*, die ich im Vorjahr mit Milokorn (*Sorghum spec.*) (Importware unbekannter Herkunft) aus einem Oberpfälzer Lagerhaus bekam, befanden sich unter den normal infizierten Larven und Imagines auch solche, die völlig steril waren. Diese Beobachtung deckt sich mit den Befunden K. MANSOURS[4]), der einen sterilen Stamm von *Calandra granaria* aus Ägypten beschreibt und histologische Details der symbiontenfreien Organe von Larve und Imago gibt. Nach FR. ZACHER[6]) handelt es sich um eine besondere Lokalrasse: *C. granaria var. africana*, die sich schon durch Färbung und Größe von unseren einheimischen Calandren unterscheidet. A. KOCH vermutet auf Grund seiner Erfahrungen mit *Oryzaephilus surinamensis L.*[3]), daß jene afrikanische Lokalrasse von Calandra mit sterilen Myzetomen unter dem Einfluß der höheren Durchschnittstemperaturen im nordafrikanischen Raum ihren Symbiontenbestand eingebüßt hat. Auf seine Veranlassung hin stellte ich systematisch Temperaturversuche mit einem *Calandra granaria*-Stamm an, den ich der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Kiel verdanke. Ich wählte für diese ersten Versuche 35° C (bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80 bis 85%), eine Temperatur, die ich absichtlich höher als das durchschnittliche Sommermaximum von 33,8° C für Kairo-Giza ansetzte[3]). Es wurden nach anfänglichen Mißerfolgen

mit sich entwickelnden Eiern und Larven ausschließlich Imagines verwendet, die ich auf die Dauer von 17 Tagen im Thermostaten einer Temperatur von 35° C aussetzte. Unter den veränderten Umweltsbedingungen waren die Käfer anfangs sehr lebhaft und unruhig, gewöhnten sich aber dann bald an die neuen Verhältnisse und zeigten ein ganz normales Verhalten. Am 18. Tage wurden die Tiere wieder in die für sie optimale Temperatur von 28° C[1]) zurückgebracht. Stichproben, die zu diesem Zeitpunkt fixiert und in Schnittserien untersucht wurden, ergaben, daß die ursprünglich sehr schlanken Bakterien nun kürzer und gedrungener geworden sind. Hand in Hand mit diesen Veränderungen an den Bakterien erfolgt ein sukzessiver Abbau des Symbiontenbestandes in den Darmzotten und den Ovariolen. Es werden ganze Myzetozyten in das Darmlumen ausgestoßen. Nach etwa 10 Tagen ist dieser Prozeß abgeschlossen, und die Darmzotten sind symbiontenfrei. In den Ovariolen allerdings geht der Symbiontenschwund langsamer vor sich, so daß selbst nach 50 Tagen noch geringe Reste der Bakterien nachweisbar sind. Allerdings sind dieselben nicht mehr der Vermehrung fähig und auch nicht mehr infektionstüchtig, wie die eingehende Prüfung der F_1-Generation ergab. Die Calandren beginnen nach der Hitzebehandlung nicht sofort mit der Eiablage. In der Regel finden sich nach 3 Wochen belegte Körner. Die Entwicklung der Eier verläuft ganz normal, aber die Myzetome der heranwachsenden Larven stellen lediglich nur mehr einen Haufen kleiner verödeter Zellen dar, so wie ihn MANSOUR für die ägyptische Calandra-Rasse beschrieben hat. Damit dürfte der Beweis erbracht sein, daß sowohl die ägyptische *Calandra granaria* als auch meine symbiontenfreie *Calandra oryzae* unter dem Einfluß erhöhter Temperaturen ihren Symbiontenbestand verloren haben.

Ziel meiner weiteren Versuche ist es, die untere Temperaturgrenze festzustellen, bei der noch ein Symbiontenabbau erfolgt. Sie dürfte nach meinen bisherigen Feststellungen im Bereich von 32 bis 33° C liegen. Erste orientierende Versuche zeigten ferner, daß bei Verfütterung von Getreidekörnern, die mit Aureomycinlösungen getränkt waren, ebenfalls ein Abbau der Symbionten erfolgt.

Zoologisches Institut der Universität München (Abteilung: Paul-Buchner-Institut für Experimentelle Symbioseforschung).

HANS SCHNEIDER.

Eingegangen am 27. Januar 1954.

[1]) ANDERSEN, K. TH.: Nachr. Schädlgsbekämpf. **9**, Nr. 3, 19 (1934).
[2]) BUCHNER, PAUL: Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. Basel: Birkhäuser 1953.
[3]) KOCH, ANTON: Z. Morph. u. Ökol. Tiere **32**, 159 (1936).
[4]) MANSOUR, K.: Quart. J. Microse. Sci. **77**, 258 (1934). — Bull. Soc. Roy. Entomol. Egypte **1935**, 292.
[5]) SCHEINERT, W.: Z. Morph. u. Ökol. Tiere **27**, 111 f. (1933).
[6]) ZACHER, FR.: Forschgn. u. Fortschr. **10**, 347 (1934).

Ektoparasitische Nematoden als mögliche Ursache der Bodenmüdigkeit in Baumschulen.

Unter Bodenmüdigkeit versteht man eine nach wiederholtem Anbau der gleichen Pflanzenart auftretende und weitgehend pflanzenspezifische Entwicklungsstörung, deren Ursache nicht bekannt ist. Bei Obstgehölzen treten erhebliche Nachbauschwierigkeiten auf, die sich vor allem in Baumschulen auswirken, da die Jungpflanzen hier nur wenige Jahre stehen und der müde gewordene Boden dann nicht mehr für den Neuanbau der gleichen oder einer verwandten Pflanzenart benutzt werden kann. Die Müdigkeit tritt oft bereits nach halbjährigem Anbau auf und hält sich unter Umständen über 60 Jahre im Boden. Sie äußert sich im Zurückbleiben der Trieblängen (oft um die Hälfte der gesunden Pflanzen), vor allem bei Apfel-, Birnen-, Vogelkirschen-, Ebereschensämlingen und den vegetativen Apfelunterlagen IV und IX.

Die wesentlichen Hypothesen ihrer Entstehung sind: Die Verarmung des Bodens an Spurenelementen[1]), [2]); die Vergiftung des Bodens durch Pflanzenausscheidungen oder durch Zersetzungsprodukte von Wurzelresten[3]); die Verschiebung des mikrobiologischen Gleichgewichtes im Boden[4]). Eigene umfangreiche Feld- und Laborversuche, die unter Berücksichtigung dieser drei Hypothesen angestellt wurden, ergaben keine Anhaltspunkte für die Stützung der Verarmungs- und Toxinhypothese. Das auch durch eigene Versuche bestätigte Phänomen, daß die Baumschulmüdigkeit durch Bodensterilisation (Chemikalien oder Hitze) vermindert werden kann, ist am zwanglosesten im Sinne der Schädigung von Organismen zu deuten. Die bisher vermutete Änderung der spezifischen Zusammensetzung der Pilz- oder Bakterienflora des Bodens ließ sich allerdings nicht bestätigen.

Jedoch fanden sich an den Wurzeln von Apfel-, Quitten- und Ebereschenpflanzen Larven von ektoparasitischen Nematoden[5]). Wie die Fig. 1 zeigt, dringen die Larven nur mit dem Kopf in das periphere Wurzelparenchym ein, um dort zu saugen, wobei zuweilen Parenchymnekrosen auftreten. Die beobachteten Nematoden gehören zu der Familie Anguillulidae, der Unterfamilie Tylenchidae und wahrscheinlich zu der Gattung Anguillulina (= Tylenchus).

Ektoparasitische Nematoden sind bisher wenig beachtet worden, da sie meist keine spezifischen Symptome erzeugen und nur mit besonderer Technik darzustellen sind. Einige Arten sind bereits in Amerika an Kiefern, Eichen, Erdbeeren,

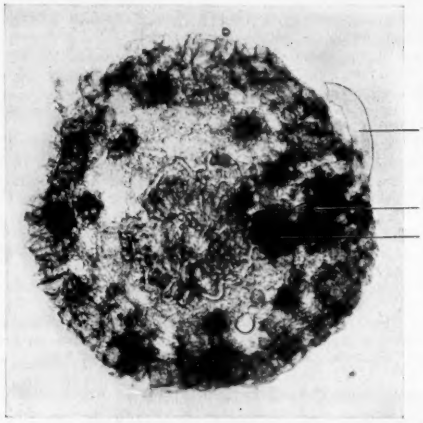


Fig. 1. Querschnitt durch eine Quittenwurzel mit saugendem Nematoden. Vergrößerung 200mal. *a* Nematode, *b* Kopf des Nematoden im Parenchym, *c* Nekrosen.

Getreide usw. gefunden worden, die zum Teil ebenfalls Wachstumsdepressionen verursachen[6]). An Obstgehölzen wurden sie bisher nur beim Pfirsich beschrieben[7]).

Es sprechen viele Erscheinungen der Baumschulmüdigkeit für die Annahme, daß diese Krankheit durch Nematoden verursacht wird, so z. B. die schwache Ausbildung von Seitenwurzeln, das Anschwellen der Wurzelspitzen, das geringere Reagieren von schneller wachsenden Pflanzen usw. Bei vergleichenden Untersuchungen wurden an Obstbaumwurzeln im jungfräulichen Boden nur vereinzelt Nematoden gefunden, während im müden Boden an jungen Wurzelenden von 1 cm Länge oft 50 bis 100 Nematoden saßen.

Weitere Untersuchungen werden entscheiden müssen, ob die Ursache der Baumschulmüdigkeit tatsächlich primär im Befall der Wurzeln mit ektoparasitischen Nematoden liegt. Eine ausführliche Mitteilung der Ergebnisse erfolgt demnächt.

Die Arbeit wurde durchgeführt mit Unterstützung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Düsseldorf.

Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn (Direktor: Prof. Dr. H. BRAUN).

HERTA SWART-FÜCHTBAUER.

Eingegangen am 2. Februar 1954.

[1]) BRONSART, H. v.: Z. Pflanzenernähr. **45**, 166 (1949).
[2]) KOBERNUSS, E. C.: Kühn-Arch. **64**, 365 (1951).
[3]) PROEBSTING, E. L., u. A. E. GILMORE: Proc. Amer. Soc. Horticult. Sci. **38**, 21 (1941).
[4]) VOGEL, F., u. E. WEBER: Gartenbauwiss. **5**, 508 (1931).
[5]) Herrn Dr. JONES aus Cambridge und Herrn Dr. MOERICKE aus Bonn danke ich für zahlreiche Anregungen.
[6]) CHRISTIE, J. R.: Phytopathol. Z. **43**, 295 (1953).
[7]) CHITWOOD, B. G.: Proc. helminthol. Soc. Washington **16**, 6 (1949).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.

Schnelle und genaue Analysen durch ABSORPTIONS-MESSUNGEN IM ULTRAROTEN UND ULTRAVIOLETTEN SPEKTRALGEBIET

Das Unicam-Ultrarot-Spektralphotometer arbeitet nach dem Doppelstrahlengangprinzip, ist vollautomatisch registrierend und weist einige völlig neuartige Merkmale auf, wie z.B. evakuierbares optisches System, Prismendrehtisch zur gleichzeitigen Aufnahme von 4 Prismen unterschiedlichen Materials mit automatischer Prismen- und Steuerscheiben-Wechseleinrichtung, magnetisch gesteuerten Spalten und dem pneumatischen Ultrarot-Empfänger nach Golay. Standard-Bauteile ermöglichen die Verwendung von Einfach- oder Doppel-Monochromatoren mit Doppelstrahlengang nach Walsh oder zusätzliche Spektrendarstellung auf dem Kathodenstrahlschirm. Im Aufbau ist das Gerät ausgerichtet auf grösstmögliche Bequemlichkeit bei Arbeiten im Hochschul- oder Forschungs-Laboratorium.

Das bekannte Unicam-Spektralphotometer Type SP. 500 ist das Standard-Gerät für genaueste Absorptionsmessungen im Spektralgebiet von 2000—10000 Å. Spektralphotometrische Methoden bei der chemischen Analyse und der Fabrikations-Überwachung haben auf allen Gebieten der Laboratoriumstechnik eine hervorragende Bedeutung.

Unicam Spektralphotometer SP. 500 komplett mit Netzanschlußgerät für Wasserstofflampe.

UNICAM

UNICAM INSTRUMENTS LIMITED, ARBURY WORKS, CAMBRIDGE, ENGLAND

Distributors für Deutschland: Joberg Ltd., Balfour House, 119-125 Finsbury Pavement, London, E.C.2. England

G.4.

Analyse der Metalle

Herausgegeben vom Chemikerausschuß der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V.
Leiter: Dr.-Ing. **O. Proske,** stellv. Leiter: Professor Dr. **H. Blumenthal** † und Dr. **F. Ensslin.**

Zweiter Band: **Betriebsanalysen**

In zwei Teilen. Erster Teil: Aluminium bis Schwefel. — Zweiter Band: Selen bis Zirkonium. Physikalisch-chemische Verfahren. Namen- und Sachverzeichnis.

Mit 174 Abbildungen. 1. Teil XI, 716 Seiten, 2. Teil IV, 706 Seiten. 1953. Zwei Teile in Ganzleinen DM 114.—

Inhaltsübersicht: **Erster Teil:** Aluminium. Antimon. Arsen. Barium. Beryllium. Blei. Bor. Cadmium. Calcium. Cäsium. Ceritmetalle und Cerium. Chrom. Gallium. Germanium. Indium. Kalium. Kobalt. Kupfer. Lithium. Magnesium. Mangan. Molybdän. Natrium. Nickel. Niob und Tantal. Platinmetalle. Quecksilber. Rhenium. Rubidium. Schwefel. — **Zweiter Teil:** Selen. Silber und Gold. Silicium. Strontium. Tellur. Thallium. Thorium. Titan. Uran. Vanadium. Wismut. Wolfram. Zink. Zinn. Zirkonium. Metallische und nichtmetallische Überzüge. Der Sauerstoffgehalt von Metallen. Feuerfeste Baustoffe. Feste Brennstoffe. Untersuchungsverfahren für Heizöle. Industrielle Gase. Wasseruntersuchungen im Kesselbetrieb. Beizereiabwässer. Photometrie. Polarographie. Potentiometrie. Spektrochemische Analyse. Lösungen. Genormte Metalle und Legierungen. Analysenkontrollproben. — **Namenverzeichnis. — Sachverzeichnis.**

Der vorliegende II. Band „Betriebsanalysen" des Gemeinschaftswerkes „Analyse der Metalle" ist eine Sammlung von analytischen Verfahren, die gegenwärtig in den Laboratorien der deutschen Metallindustrie durchgeführt werden. Er enthält also sowohl Methoden, die in Laboratorien mit modernster Ausrüstung in Gebrauch sind, als auch solche, die aus einfacher eingerichteten Laboratorien stammen. Neben einer Anzahl alter, bewährter Verfahren wurden viele neuere angeführt, soweit sie sich für die Metallindustrie als brauchbar erwiesen haben.

Der größere Teil des Buches beschäftigt sich mit den analytischen Methoden für die einzelnen Elemente; letztere sind in alphabetischer Anordnung aufgeführt, da diese ein rascheres Auffinden der Methoden begünstigt. Bei jedem Element wird zunächst kurz über das Vorkommen gesprochen und eine Anzahl typischer Nachweisreaktionen angegeben. Dann behandelt man — möglichst folgend dem Gewinnungsverfahren des Elements — die Analyse seiner Erze (Mineralien), der hauptsächlichsten Hilfsstoffe, der anfallenden Zwischen-, Neben- und Endprodukte und schließlich des Roh- bzw. Reinmetalls. Daran schließt sich die Untersuchung der Legierungen, Oxyde und Salze. Auf die Kapitel über die Untersuchung der Elemente folgen weitere über Analysen von Stoffen, die mit der Metallurgie in Zusammenhang stehen, wie feuerfeste Materialien, Brennstoffe, Wässer, Abwässer, Ind strielle Gase usw. Hier hat man hauptsächlich Verfahren berücksichtigt, die entweder im eigenen Betrieb entwickelt oder in Normen festgelegt worden sind. Daran schließen sich Kapitel über physikalisch-chemische Verfahren, die im I. Band gar nicht oder nur in geringem Umfang angeführt wurden, so z. B. Spektrochemische Analyse, Potentiometrie, Polarographie und die immer häufiger zur Anwendung kommende Photometrie. Den Schluß bilden Kapitel über die bei Metallanalysen notwendigen Lösungen und Indikatoren, über genormte Metalle und Metallegierungen und eine Tabelle mit den neuesten Atomgewichten, spezifischen Gewichten und Schmelz- und Siedepunkten.

Früher erschien:

Erster Band: **Schiedsverfahren.** Mit 725 Abb., VIII, 508 Seiten. 1949. DM 36.—; Halbleinen DM 38.40

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Die Unsachlichkeit der Existenzphilosophie

Vier kritische Aufsätze. Von Professor Dr. **Kurt Reidemeister,** Direktor des Mathematischen Seminars der Universität Marburg a. d. Lahn. IV, 40 Seiten Gr.-8°. 1954. Englische Broschur DM 4.80

Inhaltsübersicht: Über den Ursprung der Theologie Bultmanns. — Positivismus und Existenzphilosophie. — Die Einheit des Denkens in Philosophie und Wissenschaft. — Über den Begriff der Spekulation.
Die folgenden vier Aufsätze sind der kritischen Darstellung einiger Grundgedanken der Existenzphilosophie gewidmet. Der erste Aufsatz zeigt die Grenze des existenziellen Verstehens in einer konkreten theologischen Situation auf. Der zweite Aufsatz schildert die systematische Bedeutung des Sprunges in die Existenzphilosophie als eine unbegründete Ablehnung a priori des Positivismus. Der dritte Aufsatz sucht den Gegensatz zwischen Positivismus und Existenzphilosophie zu besserem Verständnis von innen her durch Einbettung in den Gegensatz zwischen positivem und hermeneutischem Verstehen zu bringen. Im vierten Aufsatz wird der spekulative Charakter des existenziellen Denkens an einem Beispiel aufgehellt.
Verfasser hofft, daß diese Darstellung einer sachlichen Auseinandersetzung den Weg ebnet. Ein festumrissener Standpunkt für eine solche Auseinandersetzung wurde in dem vor kurzem erschienenen Werk des Verfassers „Geist und Wirklichkeit" entwickelt.

Drei Dialoge über Raum, Zeit und Kausalität

Von Professor Dr. **George Jaffé,** Department of Physics, Louisiana State University, Louisiana. 211 Seiten Gr.-8°. 1954. Steif geheftet DM 9.60

Mit diesen drei Dialogen macht der Verfasser nicht allein den Physikern, sondern der ganzen Welt der Gebildeten ein Geschenk. Alle drei behandeln Problemkreise der Physik, die in den letzten Jahrzehnten zu verschiedenen Zeiten weite Kreise erregt haben, und zwar die beiden ersten die nichteuklidische Geometrie und Relativitätstheorie — sie sind schon früher veröffentlicht worden —, der letzte das Problem der Kausalität (Determinismus — Indeterminismus). Dieser dritte Dialog, an Umfang so groß wie die beiden ersten zusammen, wird heute, in einer Zeit der Gemeinschaftstagungen von Physikern, Philosophen, Theologen, auf ganz besonderes Interesse stoßen. Es sei nur an die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation erinnert und die philosophischen Konsequenzen, die daraus zu ziehen oder nicht zu ziehen sind. Die Meisterschaft des Verfassers erweist sich darin, wie er in klarer, einfacher Sprache den Inhalt einer physikalischen Theorie ohne mathematische Formel entwickelt und wie im Zwiegespräch mit dem philosophischen Freund die Grenzen der beiderseitigen Zuständigkeit abgesteckt werden und eine einigende Formel gefunden wird. Ist der Ausgangspunkt ein physikalischer (der Verfasser ist theoretischer Physiker), so ist die Methode doch eher erkenntnistheoretisch, und das eigentliche Anliegen ein solches der Metaphysik. Die Form des platonischen Dialogs ist der Darstellung angemessen, die Sprache ist bildhaft und edel, und so bereitet die Lektüre des kurzen Werkes jedem Gebildeten einen hohen Genuß. Dazu kommt, daß der Verfasser zu den im Gang befindlichen Diskussionen Entscheidendes zu sagen hat.

Felix Krueger

Zur Philosophie und Psychologie der Ganzheit

Schriften aus den Jahren 1918—1940. Herausgegeben von Dr. **Eugen Heuss,** Basel. Mit einem Bildnis. 347 Seiten Gr.-8°. 1953. Englische Broschur DM 28.—

Inhaltsübersicht: Vorrede des Herausgebers. **Über psychische Ganzheit:** Vorbemerkung. Ideengeschichtliches. Ergebnisse des psychologischen Experiments. Erlebnisganzes und Struktur. Wertbeziehungen; Zweckmäßigkeit statt Strukturiertheit; Auseinandersetzungen mit philosophischen Ganzheitslehren. Das Ganzheitsproblem in der Psychologie der Gegenwart. — **Der Strukturbegriff in der Psychologie. — Erlebnisganzheit und seelische Struktur:** Erlebnisganzheit. Seelische Struktur. Philosophische Folgerungen. — **Das Problem der Ganzheit. — Die Tiefendimension und die Gegensätzlichkeit des Gefühlslebens. — Das Wesen der Gefühle:** Entwurf einer systematischen Theorie. Der psychologische Stand des Problems. Schwierigkeiten der Sache und der Methodik. Gefühl und psychische Ganzheit. — **Gefühlsartiges im tierischen Verhalten:** Zur Fragestellung und ihrer Geschichte. Einseitigkeiten der Beobachtung und Vorurteile beim Erklären. Erlebnisganzheit. Das Wesen der Gefühle; Die gefühlsartigen Komplexe und Verläufe. Regelmäßigkeiten des ganzheitlichen Erlebens. Experimentalbefunde, Änderungsempfindlichkeit. Motorik; Einheitliches Tun gegen Zergliederung; Das Unbewußte. Tierisches und menschliches Verhalten. — **Der strukturelle Grund des Fühlens und des Wollens:** Das erscheinungsmäßig Gegebene. Funktional betrachtet. Struktureller Gliedverband. Sozialstrukturen. — **Entwicklungspsychologie der Ganzheit:** Einleitung. Reale und ideale Ganzheit. Methodik. Erlebnisganzheit. Seelische Struktur; Typen der Persönlichkeit. Gemeinschaft und Kultur. — **Anmerkungen. — Bibliographie. — Namen- und Sachverzeichnis.**

Sigmund Freuds Neurologische Schriften

Eine Untersuchung zur Vorgeschichte der Psychoanalyse. Von **Rainer Spehlmann,** Heidelberg. Mit einem Vorwort von Professor Dr. Paul Vogel, Heidelberg. VII, 100 Seiten Gr.-8°. 1953. Steif geheftet DM 12.—

Inhaltsübersicht: Einleitung. **Historischer Abriß:** Fechner, Griesinger, Meynert, Breuer. Andere Einflüsse. — **Neurologische Schriften:** Darstellung der einzelnen Schriften (Nervenaufbau und -verlauf, Kokain, Kasuistische Veröffentlichungen, Hysterie und Hypnotismus, Gehirnbau und Aphasie, Lähmungen). Zusammenfassung: Die Psychologie in den neurologischen Schriften. — **Psychoanalytische Schriften:** Die frühesten psychoanalytischen Schriften, „Entwurf einer Psychologie". Vom „Entwurf" zur „Traumdeutung". Die Psychologie in der „Traumdeutung". Die weitere Psychoanalyse. — **Ergebnis:** Neurologische Schriften und Psychoanalyse. Schlußbetrachtung. — Anmerkungen, darunter das Verzeichnis der neurologischen Schriften.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Diesem Heft liegen zwei Prospekte bei vom Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.